

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

2

R.W.

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Off nlegungsschrift
11 DE 3324059 A1

51 Int. Cl. 3:
G02 B 5/28

21 Aktenzeichen: P 33 24 059.0
22 Anmeldetag: 4. 7. 83
43 Offenlegungstag: 17. 1. 85

DE 3324059 A1

71 Anmelder:

Sano Kiko Co., Ltd., Sano, Tochigi, JP

74 Vertreter:

Kador, U., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Klunker, H.,
Dipl.-Ing. Dr.rer.nat.; Schmitt-Nilson, G., Dipl.-Ing.
Dr.-Ing.; Hirsch, P., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000
München

72 Erfinder:

Kobayashi, Takeshi; Endo, Kazuo; Nanbu,
Nobumasa; Kawamura, Yoshizi, Sano, Tochigi, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Strahlaufspalter

Ein Strahlaufspalter enthält ein transparentes Substrat mit einem Brechungsindex (N_S), mindestens eine einen niedrigen Brechungsindex (N_L), der höher ist als N_S , aufweisende Filmschicht und mindestens eine einen hohen Brechungsindex aufweisende Filmschicht, deren Brechungsindex (N_H) höher ist als der Brechungsindex (N_L). Die einen niedrigen Brechungsindex aufweisenden und die einen hohen Brechungsindex aufweisenden Filmschichten werden abwechselnd auf dem Substrat derart gestapelt, daß die am weitesten unten befindliche Filmschicht und die am weitesten oben befindliche Filmschicht des Stapels jeweils eine Filmschicht mit niedrigem Brechungsindex ist oder die am weitesten unten liegende Filmschicht eine Filmschicht mit hohem Brechungsindex und die am weitesten oben liegende Filmschicht eine Filmschicht mit niedrigem Brechungsindex ist.

Sano Kiko Co., Ltd.
700 Konaka-cho, Sano-shi,
Tochigi-ken / JAPAN

Strahlaufspalter

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Strahlaufspalter, gekennzeichnet durch ein einen Brechungsindex (N_S) aufweisendes, transparentes Substrat, mindestens eine einen niedrigen Brechungsindex (N_L), der höher ist als der Brechungsindex (N_S), aufweisende Filmschicht, und mindestens eine einen hohen Brechungsindex aufweisende Filmschicht, deren Brechungsindex (N_H) höher ist als der Brechungsindex (N_L), wobei die Filmschicht mit niedrigem Brechungsindex und die Filmschicht mit hohem Brechungsindex abwechselnd auf dem transparenten Substrat derart gestapelt sind, daß die am weitesten oben befindliche Filmschicht des Stapels diejenige mit niedrigem Brechungsindex ist.
2. Strahlaufspalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auch die am weitesten unten befindliche Filmschicht des Stapels eine Filmschicht mit niedrigem Brechungsindex ist.

1

3. Strahlaufspalter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Brechungsindex (N_S) der Bedingung

5
$$1,3 < N_S < 4$$

genügt, und daß die Brechungsindizes (N_H) und (N_L) den Bedingungen

$$2,5 < N_H < 8 \quad \text{bzw.}$$

$$1,6 < N_L < 5$$

10 genügen.

4. Strahlaufspalter nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Filmdicke jeder Filmschicht etwa $\lambda_0/4$ beträgt.

15

5. Strahlaufspalter nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das transparente Substrat Prismenform aufweist, und daß die am weitesten oben befindliche Filmschicht des Stapels an dem Prismablock mittels einer Klebstoffschicht haftet.

20

6. Strahlaufspalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das transparente Substrat Plattenform aufweist und sich in Luft mit einem Brechungsindex (N_0) von 1,0 befindet, und daß die Filmschicht mit niedrigem Brechungsindex und die Filmschicht mit hohem Brechungsindex auf dem transparenten Substrat derart abwechseln gestapelt sind, daß die am weitesten unten befindliche Filmschicht und die am weitesten oben befindliche Filmschicht des Stapels jeweils eine Filmschicht mit niedrigem Brechungsindex sind.

25

30

7. Strahlaufspalter nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Brechungsindex (N_S) der Bedingung

35
$$1,3 < N_S < 4$$

genügt, und daß die Brechungsindizes N_H und N_L den Bedingungen

1

$$1,8 < N_H < 5 \quad \text{bzw.}$$

$$1,4 < N_L < 3$$

5

genügen.

8. Strahlaufspalter nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Filmdicke jeder Filmschicht etwa $\lambda_0/4$ beträgt.

10

9. Strahlaufspalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das transparente Substrat Plattenform aufweist und in Luft mit einem Brechungsindex (N_O) von 1,0 angeordnet ist, und daß die Filmschicht mit niedrigem Brechungsindex und die Filmschicht mit hohem Brechungsindex abwechselnd auf dem transparenten Substrat derart gestapelt sind, daß die am weitesten unten befindliche Filmschicht des Stapels die Filmschicht mit dem hohen Brechungsindex ist, während die am weitesten oben befindliche Filmschicht des Stapels die Filmschicht mit dem niedrigen Brechungsindex ist.

15

20

10. Strahlaufspalter nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Brechungsindex (N_S) der Bedingung

25

$$1,3 < N_S < 4$$

genügt, und daß die Brechungsindizes (N_H) und (N_L) den Bedingungen

$$1,8 < N_H < 6 \quad \text{bzw.}$$

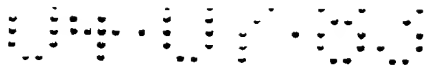
$$1,4 < N_L < 3$$

30

genügen.

11. Strahlaufspalter nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Filmdicke jeder Filmschicht etwa $\lambda_0/4$ beträgt.

35



1

Beschreibung

5 Die Erfindung bezieht sich auf einen Strahlaufspalter, insbesondere auf einen Strahlaufspalter mit einem Mehrschicht-Interferenzfilm, bei dem das gegenseitige Verhältnis von polarisierten Lichtkomponenten in dem reflektierten Licht und dem durchgelassenen Licht genauso
10 groß gemacht werden kann wie das gegenseitige Verhältnis der polarisierten Lichtkomponenten in dem einfallenden Licht, und welches außerdem nach Wunsch eingestellt werden kann.

15 Wenn nicht-polarisiertes Licht schräg auf eine Grenzfläche zwischen zwei unterschiedlichen Medien fällt, unterscheidet sich im allgemeinen das Komponentenverhältnis von P-polarisiertem Licht (d.h.: dem parallel zur Einfallfläche schwingenden polarisierten Licht) und S-polarisiertem Licht (d.h.: dem senkrecht zur Einfallfläche schwingenden polarisierten Licht), welches in dem von der Grenzfläche reflektierten Licht enthalten ist, von dem Komponentenverhältnis des durch die Grenzfläche durchlaufenden P-polarisierten und S-polarisierten
20 Lichts. Das Komponentenverhältnis hängt ab von dem Einfallswinkel und den Brechungsindizes der beiden Medien. Normalerweise jedoch ist in dem reflektierten Licht der Anteil des S-polarisierten Lichts größer als der des P-polarisierten Lichts, und in dem durchgelassenen Licht
25 ist der Anteil des P-polarisierten Lichts größer als der des S-polarisierten Lichts. Es ist bekannt, daß unter der Brewster-Winkelbedingung an der Grenzfläche der beiden Medien die S-polarisierte Lichtkomponente und die P-polarisierte Lichtkomponente angenähert als das reflektierte Licht bzw. das durchgelassene Licht voneinander
30 getrennt werden können.
35

1

5 In der japanischen Patentveröffentlichung Nr. 55(1980)-
9683 ist ein Polarisationsprisma beschrieben, das dieses
Phänomen ausnutzt. Praktische Anwendung findet es z.B.
in dem MCA-Fotoplatten-Wiedergabesystem der Fa. Philips.
Jedoch ist das in dem erwähnten Fotoplatten-Wiedergabe-
system eingesetzte Polarisationsprisma nicht von dem
Typ, der wesentlich ist als Grundelement für die Wieder-
10 gabe der Signale, sondern es wird dazu verwendet, das
Ausgangssignal des als Lichtquelle für die Wiedergabe
dienenden Lasergenerators zu stabilisieren. Bei dem für
die Fotoplatten-Wiedergabe eingesetzten herkömmlichen
Lasergenerator nämlich schwankt das von diesem erzeugte
15 Ausgangslicht beim Auftreten von rückwärts einfallendem
Signallicht, welches als "back talk" bezeichnet wird, wo-
bei die Schwankungen des Ausgangslichts von der Phase
des "back talk" abhängen. Hierdurch wird die Signal-
wiedergabe abträglich beeinflusst. Um das "back talk" zu
20 vermeiden, wird das erwähnte Polarisationsprisma in Ver-
bindung mit einem Lambda/4-Blättchen verwendet. Die
Funktionsweise des Polarisationsprismas und des Lambda/4-
Blättchen sowie Einzelheiten des optischen Wiedergabe-
systems sind dem Fachmann bekannt und sollen hier nicht
25 im einzelnen erläutert werden.

In jüngster Zeit wurden verschiedene weiterentwickelte
Lasergeneratoren vorgeschlagen, beispielsweise Lasergene-
ratoren, die nicht von dem erwähnten "back talk" beein-
30 flußt werden. Es wurde außerdem vorgeschlagen, Signale
dadurch zu erkennen, daß das rückwärtige Einfallen selbst
herangezogen wird, indem der Selbstkopplungseffekt ausge-
nutzt wird, wie es bei einer bestimmten Art von Halb-
leiter-Laserstrahlen der Fall ist. Unter diesen Umstän-
35 den werden das Polarisationsprisma und das Lambda/4-
Blättchen, wie sie in dem herkömmlichen Fotoplatten-
Wiedergabesystem verwendet werden, überflüssig, und der

1

Aufbau des optischen Systems kann spürbar vereinfacht werden.

5

10

15

20

25

30

35

Fig. 1 und 14 zeigen Beispiele des optischen Fotoplatten-Wiedergabesystems, welches den erwähnten vereinfachten Aufbau besitzt. In jeder der Figuren 1 und 14 ist ein Lasergenerator 1 vorhanden, der von dem erwähnten Typ ist, der von dem "back talk" nicht beeinflusst wird. Das von dem Lasergenerator 1 abgegebene Licht wird von einer Kollimatorlinse 2 zu einem parallelen Lichtstrahlenbündel kollimiert und fällt dann auf einen Strahlaufspalter 3. Der Strahlaufspalter 3 besitzt einen halbdurchlässigen Spiegel 3', bei dem es sich beispielsweise um einen solchen Typ von Spiegel handelt, der 50% durchläßt und 50% reflektiert. Das von dem halbdurchlässigen Spiegel 3' reflektierte Lichtstrahlenbündel wird von einem Objektiv 4 auf den Signalabschnitt einer Fotoplatte 5 konzentriert, um dadurch punktweise den mit Löchern versehenen Signalabschnitt zu bestrahlen. Das von dem Signalabschnitt reflektierte Licht ist nach Maßgabe der Gestalt und Abmessungen der Löcher phasenmoduliert und weist eine durch Lichtinterferenz hervorgerufene Intensitätsänderung auf. Das phasenmodulierte Licht trifft seinerseits als Signallicht auf das Objektiv 4 auf. Das von dem Objektiv 4 zu einem parallelen Lichtstrahlenbündel kollimierte Signallicht wiederum erreicht den halbdurchlässigen Spiegel 3', und das durch den halbdurchlässigen Spiegel 3' hindurchlaufende Lichtstrahlenbündel wird von einem Fotosensor 6 erfaßt. In dem oben beschriebenen System wird das von dem Lasergenerator 1 abgegebene Licht einmal von dem halbdurchlässigen Spiegel 3' reflektiert und dann durch den Spiegel hindurchgelassen. Wenn daher der Transmissionsgrad (oder der Reflexionsgrad) des halbdurchlässigen Spiegels 3' 50% beträgt, verringert sich die den Fotosensor 6 erreichende Licht-

1

menge auf 25%. Die in diesem Fall erreichbare Lichtaus-
beute ist die höchste in dem oben beschriebenen System
5 erzielbare Ausbeute.

In dem oben beschriebenen optischen System wird der halb-
durchlässige Spiegel 3' nicht nur als reflektierende
Fläche, sondern auch als durchlässige Fläche verwendet.
10 Wenn daher ein halbdurchlässiger Spiegel des üblicherwei-
se verwendeten Typs in dem optischen System angeordnet
wird, verschlechtert sich die Lichtausbeute aus den nach-
stehend erläuterten Gründen noch weiter. Wie oben erwähnt
wurde, unterscheiden sich nämlich das Reflexionsverhalten
15 und das Durchlaßverhalten eines herkömmlichen halbdurch-
lässigen Spiegels für P-polarisiertes Licht und S-polari-
siertes Licht. Dient der halbdurchlässige Spiegel zuerst
als reflektierende Fläche, so wird ein Hauptanteil des
P-polarisierten Lichts durch den Spiegel hindurchgelas-
20 sen, und das hauptsächlich das S-polarisierte Licht ent-
haltende Licht wird nach unten auf die Fotoplatte 5 re-
flektiert. Wenn der Reflexionsgrad des halbdurchlässigen
Spiegels 50% beträgt, beträgt die Gesamtmenge von P-pola-
risiertem und S-polarisiertem Licht 50%. Wenn danach das
25 Signallicht, welches hauptsächlich das S-polarisierte
Licht enthält und von der Fotoplatte 5 reflektiert wird,
erneut auf den halbdurchlässigen Spiegel 3' auftrifft,
wird der größte Teil des Signallichts erneut von dem
halbdurchlässigen Spiegel 3' reflektiert, was auf die
30 erwähnten Eigenschaften des üblichen halbdurchlässigen
Spiegels zurückzuführen ist. Demzufolge wird das den
Fotosensor 6 erreichende Licht sehr schwach, was einen
Fotosensor mit großer Kapazität erforderlich macht. Die-
ses Problem zu lösen, benötigt man einen halbdurchlässi-
35 gen Spiegel, der so beschaffen ist, daß er die P-polari-
sierte Lichtkomponente und die S-polarisierte Lichtkom-
ponente etwa gleich stark reflektiert (oder durchläßt).

1

5

10

15

20

25

30

35

Außerdem wird in dem Lichtmeßsystem einer Kamera o. dgl. das Erfassen der Leuchtdichte über einen halbdurchlässigen Spiegel durchgeführt. In einem derartigen optischen System wird ein Teil des von dem halbdurchlässigen Spiegel aufgespaltenen Lichts für die Betrachtung durch den Sucher verwendet, während der andere Teil des Lichts für die Lichtmessung verwendet wird. In diesem Fall ist der größte Teil des auf den halbdurchlässigen Spiegel auftreffenden Lichts solches Licht, welches von dem Objektbereich reflektiert wird. Folglich enthält das auftreffende Licht in erster Linie die S-polarisierte Lichtkomponente. Speziell bei reflektierenden Oberflächen wie Wasseroberflächen oder Glasscheiben im Objektbereich enthält das auftreffende Licht einen sehr großen Anteil der S-polarisierten Lichtkomponente, was von dem Auftreffwinkel abhängt. Da jedoch ein gewöhnlicher halbdurchlässiger Spiegel hauptsächlich S-polarisiertes Licht reflektiert, werden die von dem halbdurchlässigen Spiegel aufgespaltenen Lichtanteile selbst dann unausgeglichen, wenn der Transmissionsgrad des halbdurchlässigen Spiegels 50% beträgt. Daher ist eine korrekte Lichtmessung nicht immer möglich. Auch um dieses Problem zu lösen, besteht ein Bedarf an einem halbdurchlässigen Spiegel, der sowohl für P-polarisierte Lichtkomponenten als auch für S-polarisierte Lichtkomponenten gleiche Reflexions- und Durchlässigkeitseigenschaften aufweist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Strahlenspalter zu schaffen, der sowohl für die P-polarisierte Lichtkomponente als auch für die S-polarisierte Lichtkomponente gleiches Reflexions- und Durchlaßverhalten besitzt. Darüber hinaus soll ein Strahlenspalter geschaffen werden, bei dem Reflexions- und Durchlaßverhalten für die P-polarisierte Lichtkomponente und die S-polarisierte Lichtkomponente nach Wunsch eingestellt werden können. Eine spezielle Aufgabe der Erfindung

1

besteht darin, einen Strahlaufspalter zu schaffen, der im Vergleich zum Stand der Technik verbesserte Eigenschaften aufweist und dennoch einfach hergestellt werden kann.

Der Strahlaufspalter gemäß der Erfindung enthält ein transparentes Substrat mit einem Brechungsindex N_S , mindestens eine einen niedrigen Brechungsindex N_L , der höher ist als der Brechungsindex N_S , aufweisende Filmschicht und mindestens eine einen hohen Brechungsindex aufweisende Filmschicht, deren Brechungsindex N_H höher ist als der Brechungsindex N_L , wobei die Filmschicht mit niedrigem Brechungsindex und die Filmschicht mit hohem Brechungsindex abwechselnd auf dem transparenten Substrat derart gestapelt sind, daß die am weitesten oben befindliche Filmschicht des Stapels diejenige mit niedrigem Brechungsindex ist. Jede Filmschicht des Stapels auf dem transparenten Substrat kann aus einer äquivalenten Schicht gebildet sein, welche aus einer Anzahl von Unterschichten mit niedrigerem Brechungsindex besteht.

Bei dem erfindungsgemäßen Strahlaufspalter können die Durchlässigkeits- und Reflexionseigenschaften zum Aufspalten des auftreffenden Strahls in das durchgelassene Licht und das reflektierte Licht sowohl für die P-polarisierte Lichtkomponente als auch die S-polarisierte Lichtkomponente gleich gemacht werden. Außerdem kann nach Wunsch das gegenseitige Verhältnis der P- und S-polarisierten Lichtkomponenten in dem durchgelassenen Licht und dem reflektierten Licht eingestellt werden. Dies ist äußerst vorteilhaft in der Praxis, so daß der erfindungsgemäße Strahlaufspalter für eine Vielfalt von Anwendungszwecken geeignet ist. Außerdem eignet sich der erfindungsgemäße Strahlaufspalter gut für die Massenproduktion, indem herkömmliche Niederschlagungs-Einrich-

1

tungen und -Materialien verwendet werden.

5

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

10

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines optischen Fotoplatten-Wiedergabesystems, bei dem eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Strahl-

15

Fig. 2 eine schematische Darstellung des Verhaltens einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Strahl-

20

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Strahl-

25

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des Strahl-

30

Fig. 6 bis 8 graphische Darstellungen von Beispielen für Spektral-Transmissionsgradkennlinien für fünf, sieben bzw. neun Filmschichten bei der Ausführungsform gemäß Fig. 4,

35

Fig. 9 eine graphische Darstellung, die die Spektral-Transmissionsgradkennlinien einer Ausführungsform eines Strahl-

1

P- als auch für S-polarisierte Lichtkomponenten gleich ist, ...

5

Fig. 10 eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen den Brechungsindizes N_L und N_H , bei denen die Ausführungsformen des Strahlaufspalters vom Prismatyp mit drei, fünf, sieben bzw. neun Schichten den gleichen Transmissionsgrad für P- und für S-polarisierte Lichtkomponenten besitzen,

10

15

Fig. 11 eine graphische Darstellung, die die Spektral-Transmissionsgradkennlinien einer Ausführungsform des Strahlaufspalters vom Prismatyp veranschaulicht wobei der Strahlaufspalter fünf Schichten enthält und verwendet werden kann, wenn die Brechungsindizes des transparenten Substrats auf der Einfallseite und die Klebstoffschicht auf der Durchlaßseite hoch sind,

20

25

Fig. 12 eine graphische Darstellung der Spektral-Transmissionsgradkennlinien einer Ausführungsform des Strahlaufspalters vom Prismatyp, wobei der Transmissionsgrad für die P-polarisierte Lichtkomponente niedriger ist als der Transmissionsgrad für die S-polarisierte Lichtkomponente,

30

Fig. 13 eine graphische Darstellung der Spektral-Transmissionsgradkennlinien für eine Ausführungsform des Strahlaufspalters vom Prismatyp mit sieben Filmschichten, wobei die Dicken der zweiten und der sechsten Filmschichten etwas kleiner sind als $\lambda_0/4$,

35

1

Fig. 14 eine schematische Darstellung eines Beispiels
eines optischen Fotoplatten-Wiedergabesystems,
bei dem eine Ausführungsform des erfindungsge-
mäßigen Strahlaufspalters vom Plattentyp zum Ein-
satz gelangt, welcher eine ungerade Anzahl von
Filmschichten besitzt,

5

Fig. 15 eine schematische Darstellung des Verhaltens
einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen
Strahlaufspalters vom Plattentyp,

10

15

Fig. 16 eine schematische Ansicht einer Ausführungsform
des Strahlaufspalters vom Plattentyp mit drei
Filmschichten,

Fig. 17 eine schematische Ansicht einer Ausführungsform
des Strahlaufspalters vom Plattentyp mit "n"
Filmschichten, wobei "n" eine ungerade Zahl ist,

20

25

Fig. 18 eine graphische Darstellung der Spektral-Trans-
missionsgradkennlinien einer Ausführungsform
des Strahlaufspalters vom Plattentyp mit einer
ungeraden Anzahl von Filmschichten, wobei der
Transmissionsgrad für P- und S-polarisierte
Lichtkomponenten gleich ist,

30

Fig. 19 eine graphische Darstellung der Beziehung zwi-
schen den Brechungsindizes N_L und N_H , bei denen
die Ausführungsformen des Strahlaufspalters
vom Plattentyp mit drei, fünf, sieben bzw. neun
Filmschichten sowohl für P- als auch für S-pola-
risierte Lichtkomponenten den gleichen Trans-
missionsgrad aufweisen,

35

1

- Fig. 20 eine graphische Darstellung der Spektral-Transmissionsgradkennlinien einer Ausführungsform des Strahlaufspalters vom Plattentyp mit fünf Filmschichten, wobei diese Ausführungsform verwendet werden kann, wenn der Brechungsindex des transparenten Substrats hoch ist,
- 5
- 10 Fig. 21 eine graphische Darstellung der Spektral-Transmissionsgradkennlinien einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Strahlaufspalters vom Plattentyp, wobei eine ungerade Anzahl von Filmschichten vorgesehen ist und der Transmissionsgrad T_p für die P-polarisierte Lichtkomponente niedriger ist als der Transmissionsgrad T_s für die S-polarisierte Lichtkomponente und die Verhältnisse $T_p:T_s$ sowie $(T_p+T_s):(R_p+R_s)$ beliebige Werte annehmen können,
- 15
- 20 Fig. 22 eine schematische Ansicht einer Ausführungsform des Strahlaufspalters vom Plattentyp mit zwei Filmschichten,
- 25 Fig. 23 eine schematische Ansicht einer Ausführungsform des Strahlaufspalters vom Plattentyp mit "n" Filmschichten, wobei "n" eine gerade Zahl ist,
- 30 Fig. 24 eine graphische Darstellung der Spektral-Transmissionsgradkennlinien einer Ausführungsform des Strahlaufspalters vom Plattentyp mit einer geraden Anzahl von Filmschichten, wobei der Transmissionsgrad für P- und für S-polarisierte Lichtkomponenten gleich ist,
- 35 Fig. 25 eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen den Brechungsindizes N_L und N_H , bei denen

1

die Ausführungsform des Strahlaufspalters vom Plattentyp mit zwei, vier, sechs, acht bzw. zehn Filmschichten sowohl für P- als auch für S-polarisierte Lichtkomponenten gleiche Transmissionsgrade aufweisen,

5

10

Fig. 26 eine graphische Darstellung der Spektral-Transmissionsgradkennlinien einer Ausführungsform des Strahlaufspalters vom Plattentyp mit vier Filmschichten, wobei diese Ausführungsform eingesetzt werden kann, wenn der Brechungsindex des transparenten Substrats hoch ist, und

15

20

Fig. 27 eine graphische Darstellung der Spektral-Transmissionsgradkennlinien einer Ausführungsform des Strahlaufspalters vom Plattentyp mit einer geraden Anzahl von Filmschichten, wobei der Transmissionsgrad T_P für die P-polarisierte Lichtkomponente niedriger ist als der Transmissionsgrad T_S für die S-polarisierte Lichtkomponente und die Verhältnisse $T_P:T_S$ sowie $(T_P+T_S):(R_P+R_S)$ willkürliche Werte annehmen können.

25

30

35

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Strahlaufspalters vom Prismatyp mit einem Mehrschicht-Interferenzfilm L, der durch Niederschlagen auf einen Prismablock 11 aufgetragen ist, und einem Prismablock 12, der mittels eines Klebers 13 an dem Mehrschicht-Interferenzfilm L haftet. Wenn die Kennlinien des gemäß Fig. 2 aufgebauten Strahlaufteilers derart eingestellt werden, daß der Reflexionsgrad und der Transmissionsgrad jeweils 50% für die P-polarisierte und die S-polarisierte Lichtkomponente betragen, wird von der linken Seite in den Strahlaufspalter eintretendes Einfalllicht I in durchgelassenes Licht T und reflektiertes Licht R

1

aufgespalten. Enthält das Einfalllicht I die P-polarisierte Lichtkomponente I_P und die S-polarisierte Lichtkomponente I_S jeweils zu einem Anteil von 50%, so beträgt bei einer Gesamtlichtmenge von 100 die Menge des durchgelassenen Lichts T 50 ($T_P:T_S=25:25$), und die Menge des reflektierten Lichts R beträgt ebenfalls 50 ($R_P:R_S=25:25$). Somit ist das Verhältnis der P- und der S-polarisierten Lichtkomponenten zueinander in dem durchgelassenen Licht T und dem reflektierten Licht R gleich dem Verhältnis der P- und S-polarisierten Lichtkomponenten in dem Einfalllicht I. Gleichgültig, welches Verhältnis I_P/I_S von polarisierten Lichtkomponenten in dem Einfalllicht I existiert, das Komponentenverhältnis ändert sich in dem durchgelassenen Licht und dem reflektierten Licht nicht. Dies ist lediglich ein Beispiel des mit dem erfindungsgemäßen Strahlaufspalter erzielbaren Verhaltens.

Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Strahlaufspalters, bei dem der Mehrschicht-Interferenzfilm L gemäß Fig. 2 aus drei Filmschichten besteht. Der Strahlaufspalter gemäß Fig. 3 enthält ein Substrat S mit einem Brechungsindex N_S , das beispielsweise aus einem glasigen Material wie z.B. BK7 besteht, eine erste Schicht L_1 , die eine einen niedrigen Brechungsindex aufweisende Filmschicht mit einem Brechungsindex N_L ist, eine zweite Schicht L_2 , bei der es sich um eine einen hohen Brechungsindex aufweisende Filmschicht mit einem Brechungsindex N_H handelt, eine dritte Schicht L_3 , bei der es sich um eine einen niedrigen Brechungsindex aufweisende Filmschicht wie die erste Schicht L_1 handelt, und eine Klebstoffschicht O mit einem Brechungsindex N_O . Jede der Schichten L_1 bis L_3 besitzt eine optische Filmdicke von etwa $\lambda_0/4$, wobei λ_0 die Normwellenlänge ist. Wenn der Strahlaufspalter in einem Fotoplatten-Wiedergabesystem eingesetzt wird, das mit einem im nahen

Infrarotbereich arbeitenden Lasergenerator arbeitet, wird die Normwellenlänge λ_0 beispielsweise auf 925 nm festgelegt. Der Brechungsindex des Substrats S, d.h. der einfallseitige Brechungsindex N_S wird beispielsweise auf 1,52 festgelegt, der Brechungsindex der Klebstoffschicht O, d.h. der durchlaßseitige Brechungsindex N_O wird beispielsweise auf 1,56 festgelegt. Weiterhin wird der Brechungsindex N_L der einen niedrigen Brechungsindex aufweisenden Filmschichten L_1 und L_3 z.B. auf 1,90 ($>N_S$) festgelegt. Fig. 5 zeigt die Spektral-Transmissionsgradkennlinien für die P- und S-polarisierten Lichtkomponenten, die man erhält, wenn der Einfallswinkel 45° beträgt und der Brechungsindex N_H der einen hohen Brechungsindex aufweisenden Filmschicht L_2 unter den oben aufgeführten Bedingungen geändert wird. In Fig. 4 kennzeichnen die Kurven T_P1 bis T_P7 die Transmissionsgradkennlinien für die P-polarisierte Lichtkomponente, während die Kurven T_S1 bis T_S7 die Durchlaßkennlinien für die S-polarisierte Lichtkomponente kennzeichnen. Die Beziehung zwischen diesen Kennlinien und dem Brechungsindex N_H der einen hohen Brechungsindex aufweisenden Filmschicht ist in Tab. 1 angegeben.

Tabelle 1

(Fig. 5, drei Filmschichten)

$T \backslash N_H$	3.50	4.00	4.50	5.00	6.00	7.00	8.00
T_P	T_P1	T_P2	T_P3	T_P4	T_P5	T_P6	T_P7
T_S	T_S1	T_S2	T_S3	T_S4	T_S5	T_S6	T_S7

Wie klar aus Fig. 5 entnehmbar ist, hat bei dem Strahl-aufspalter vom Prismatyp mit drei Filmschichten, der unter den oben beschriebenen Bedingungen eingestellt ist,

1

- der Transmissionsgrad T_s für die S-polarisierte Lichtkomponente innerhalb des Wellenlängenbereichs zwischen etwa 700 und 800 nm sein Maximum. Speziell bei $N_H=3,50$ sind in der Nähe der Wellenlänge von 800 nm T_p und T_s beide etwa 86%, und der Transmissionsgrad wird sowohl für P- als auch für S-polarisierte Lichtkomponenten gleich. Also kann man für Licht der Wellenlänge λ im Bereich zwischen 750 und 820 nm einen Strahlaufspalter mit einem Transmissionsgrad von 86% ungeachtet des Verhältnisses der P- und der S-polarisierten Lichtkomponenten dadurch erhalten, daß man die einen niedrigen Brechungsindex aufweisenden Filmschichten mit N_L von 1,90 als die erste und die dritte Filmschicht vorsieht, während als die zweite Filmschicht die einen hohen Brechungsindex aufweisende Filmschicht mit N_H von 3,50 vorgesehen wird.
- Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform des Strahlaufspalters vom Prismatyp mit "n" Filmschichten. Bei dieser Ausführungsform ist als die erste Filmschicht eine einen niedrigen Brechungsindex aufweisende Filmschicht mit einem Brechungsindex N_L und einer Filmdicke von $\lambda_0/4$ vorgesehen, und als die zweite Filmschicht ist eine einen hohen Brechungsindex aufweisende Filmschicht mit einem Brechungsindex N_H und einer Filmdicke von $\lambda_0/4$ vorgesehen. Auf diese Weise werden "n" Filmschichten derart aufeinandergestapelt, daß die am weitesten oben liegende Filmschicht, d.h. die n-te Filmschicht eine einen niedrigen Brechungsindex aufweisende Filmschicht ist. Demzufolge ist die Gesamtzahl der Filmschichten ungerade. Fig. 6, 7 und 8 zeigen Spektral-Transmissionsgradkennlinien, die man auf die gleiche Weise erhält wie Fig. 5, wobei jedoch die Anzahl der Filmschichten in Fig. 4 fünf, sieben bzw. neun ist. In den Fig. 6 bis 8 haben die Normwellenlänge, der Brechungsindex N_L der einen niedrigen

Brechungsindex aufweisenden Filmschichten und die Brechungsindizes N_H der einen hohen Brechungsindex aufweisenden Filmschichten die in den Tab. 2 bis 4 dargestellten Werte. Der einfallseitige Brechungsindex N_S , der durchlaßseitige Brechungsindex N_O und der Einfallswinkel sind genauso groß wie bei dem Beispiel gemäß Fig. 5.

Tabelle 2

(Fig. 6, fünf Filmschichten)

λ_0	890nm			
N_L	2.145			
$T \backslash N_H$	3.50	4.00	4.50	5.00
T_P	T_{P1}	T_{P2}	T_{P3}	T_{P4}
T_S	T_{S1}	T_{S2}	T_{S3}	T_{S4}

Tabelle 3

(Fig. 7, sieben Filmschichten)

λ_0	880nm			
N_L	2.325			
$T \backslash N_H$	3.50	4.00	4.50	5.00
T_P	T_{P1}	T_{P2}	T_{P3}	T_{P4}
T_S	T_{S1}	T_{S2}	T_{S3}	T_{S4}

Tabelle 4

(Fig. 8, neun Filmschichten)

λ_0	875nm		
N_L	2.45		
N_H	3.50	3.75	4.00
T	T_P^1	T_P^2	T_P^3
T_S	T_S^1	T_S^2	T_S^3

Wie in den Fig. 6 bis 8 gezeigt ist, können der Transmissionsgrad T_P für die P-polarisierte Lichtkomponente und der Transmissionsgrad T_S für die S-polarisierte Lichtkomponente bei einer Wellenlänge λ in der Nähe von 800 nm unter entsprechenden Bedingungen einander gleichgemacht werden. Außerdem können die Transmissionsgrade T_P und T_S innerhalb eines gewissen Bereichs nach Wunsch eingestellt werden, indem man die Anzahl von Filmschichten entsprechend auswählt. Selbstverständlich können die Werte T_P und T_S auch auf voneinander abweichende Werte eingestellt werden.

Wenn der Strahlaufspalter nach der Erfindung in dem oben beschriebenen optischen Fotoplatten-Wiedergabesystem eingesetzt wird, ist es im Hinblick auf die Lichtausbeute wünschenswert, daß der Strahlaufspalter 50% Durchlässigkeit besitzt, und daß der Durchlässigkeitsgrad sowohl für P- als auch für S-polarisierte Lichtkomponenten gleich ist. Tab. 5 zeigt die Brechungsindexbedingungen der Phasenaufspalter mit drei bis neun Filmschichten, wodurch der genannten Forderung genügt wird. In Tab. 5 sind der einfallseitige Brechungsindex N_S , der durchlaßseitige Brechungsindex N_O und der Ein-

1

fallwinkel genauso groß wie oben beschrieben, und es ist beabsichtigt, daß die gewünschten Kennlinien bei einer Wellenlänge λ von 800 nm erhalten werden. Fig. 9 zeigt die Spektral-Transmissionsgradkennlinien der Phasenaufspalter mit den in Tab. 5 dargestellten Besonderheiten für P- und S-polarisierte Lichtkomponenten.

10

Tab. 5

(Fig. 9)

15

20

Anzahl von Schichten (L_n)	λ_0 (nm)	N_L	N_H
3	925	1.975	6.225
5	890	2.210	4.130
7	880	2.340	3.610
9	875	2.420	3.375

25

30

35

Wie in Fig. 9 gezeigt ist, ist es möglich, einen Strahl-aufspalter zu schaffen, der eine gewünschte Anzahl von Filmschichten besitzt und eine Durchlässigkeit von 50% (sowohl für P- als auch für S-polarisierte Lichtkomponenten) aufweist, indem man die Brechungsindizes N_H und N_L der einen hohen bzw. einen niedrigen Brechungsindex aufweisenden Filmschichten nach Maßgabe der Anzahl der Filmschichten bestimmt. In der Nähe desjenigen Bereichs jedoch, in welchem der Durchlässigkeitsgrad für P- und S-polarisierte Lichtkomponenten etwa gleich ist, besteht die Tendenz, daß die Kurve für den Transmissionsgrad T_S für die S-polarisierte Lichtkomponente schärfer wird, wenn die Anzahl von Filmschichten ansteigt. Vom Standpunkt der fertigungsbedingten Schwankungen ist es daher von Vorteil, die Anzahl von Filmschichten kleiner zu halten. Wie oben jedoch beschrieben wurde, wird bei ver-ringerter Anzahl von Filmschichten, beispielsweise bei

1

1
2
3
4
5 drei Filmschichten, die Toleranz des Brechungsindex N_L
der einen niedrigen Brechungsindex aufweisenden Film-
schichten schmal.

10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20 Fig. 10 zeigt die Bedingungen für den hohen Brechungsindex N_H der einen hohen Brechungsindex aufweisenden Filmschicht und den Brechungsindex N_L der einen niedrigen Brechungsindex aufweisenden Filmschicht, die notwendig sind, um einen gleichen Transmissionsgrad sowohl für die P- als auch für die S-polarisierten Lichtkomponenten in der Nähe einer Wellenlänge λ im Bereich von 800 ± 20 nm im Hinblick auf die Anzahl von Filmschichten (L_n) zu erhalten. Die übrigen Bedingungen, d.h. der einfallseitige Brechungsindex N_S , der Einfallswinkel u. dgl. sind genauso groß wie bei den oben geschilderten Fällen. In Fig. 10 kennzeichnen die gestrichelten Linien die Linien gleichen Transmissionsgrads T ($T_P = T_S$) für die P- und S-polarisierten Lichtkomponenten.

25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35 Wie in Fig. 10 gezeigt ist, besteht die Möglichkeit, die Transmissionsgrade $T_P + T_S$ für P- und S-polarisierte Lichtkomponenten bei irgendeiner Anzahl von Filmschichten einander anzugleichen, indem man die Bedingungen der Brechungsindizes N_H und N_L einstellt, und es ist außerdem möglich, die Transmissionsgrade auf irgendwelche Werte einzustellen. Im allgemeinen jedoch wird die Toleranz für den niedrigen Brechungsindex N_L klein, wenn die Anzahl von Filmschichten (L_n) abnimmt, und die Toleranz für den hohen Brechungsindex N_H wird schmal, wenn die Anzahl von Filmschichten (L_n) ansteigt. In Anbetracht dieser Umstände ist ein Strahlaufspalter mit fünf Filmschichten vorteilhaft, da die Steuerung des Herstellungsvorgangs relativ einfach ist.

Bei den oben beschriebenen Ausführungsformen ist der

1 einfallseitige Brechungsindex auf 1,52 festgelegt, der
durchlaßseitige Brechungsindex ist auf 1,56 festgelegt.
5 Die Erfindung ist jedoch nicht auf diese Bedingungen be-
schränkt. Wenn beispielsweise der in dem Fotoplatten-
Wiedergabesystem verwendete Lasergenerator ein im nahen
Infrarotbereich arbeitender Laser ist, reicht es aus,
daß das Substrat im nahen Infrarot-Wellenlängenbereich
10 durchlässig ist, und daher kann das Substrat aus Sili-
cium o. dgl. bestehen. Fig. 11 zeigt die Spektral-Trans-
missionsgradkennlinien einiger Strahlaufspalter mit fünf
Filmschichten, bei denen die Transmissionsgrade T_P und
 T_S für die P- und die S-polarisierten Lichtkomponenten
15 in der Nähe einer Wellenlänge von 800 nm gleich sind,
wenn der einfallseitige Brechungsindex und der durch-
laßseitige Brechungsindex 4,0 betragen. In jedem Fall
beträgt der Einfallswinkel 45° , und die Brechungsindizes
 N_H und N_L der jeweiligen Filmschichten sind in Tab. 6
20 angegeben.

Tabelle 6

(Fig. 11, fünf Filmschichten)

T_P	T_{P1}	T_{P2}	T_{P3}	T_{P4}	T_{P5}
T_S	T_{S1}	T_{S2}	T_{S3}	T_{S4}	T_{S5}
N_H	7.00	8.90	10.73	13.21	18.50
N_L	5.21	5.54	5.73	5.89	6.05

25 Außerdem ist es gemäß der Erfindung möglich, einen
Strahlaufspalter zu schaffen, bei dem der Transmissions-
grad T_P für die P-polarisierte Lichtkomponente niedri-
ger ist als der Transmissionsgrad T_S für die S-polari-
30 sierte Lichtkomponente innerhalb eines vorgegebenen
Wellenlängenbereichs, indem entsprechende Brechungs-

1

indexbedingungen geschaffen werden, wie in Fig. 12 dargestellt ist. Fig. 12 zeigt die Transmissionsgrade T_P und T_S für die P- und S-polarisierten Lichtkomponenten, die man erhält, wenn der einfallseitige Brechungsindex N_S 1,52, der durchlaßseitige Brechungsindex N_O 1,56, der Einfallswinkel 45° , die Normwellenlänge λ_0 890 nm, der Brechungsindex N_L einen festen Wert von 2,20 aufweist und der Brechungsindex N_H geändert wird. Die Anzahl von Filmschichten beträgt fünf (die Filmdicke jeder Filmschicht beträgt $\lambda_0/4$). Die Beziehung zwischen dem Brechungsindex N_H und den Durchlässigkeitsgraden T_P und T_S ist in Tab. 7 angegeben.

15

Tabelle 7

(Fig. 12, fünf Filmschichten)

20

$T \backslash N_H$	3.00	3.50	4.00
T_P	T_{P1}	T_{P2}	T_{P3}
T_S	T_{S1}	T_{S2}	T_{S3}

25

Erfindungsgemäß lassen sich die besonderen Kennlinien gemäß Fig. 12, die bei einem herkömmlichen Strahlaufspalter nicht erreichbar sind, sehr einfach erreichen. Die Erfindung schafft also verschiedene optische Systeme mit neuen Funktionsweisen.

30

Fig. 13 zeigt die Kennlinien einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Strahlaufspalters mit sieben Filmschichten. Die Kennlinien werden erhalten, wenn sich der Einfallswinkel ändert. Bei dieser Ausführungsform betragen die Filmdicke der zweiten und der sechsten Filmschicht, bei denen es sich um einen hohen Brechungsindex

35

1

5

10

aufweisende Filmschichten handelt, $0,55 \times (\lambda_0/4)$ und die Dicke der anderen Filmschichten $\lambda_0/4$. Der einfallseitige Brechungsindex N_S beträgt 1,52, der durchlaßseitige Brechungsindex N_O beträgt 1,56, der Brechungsindex N_L beträgt 2,20, der Brechungsindex N_H beträgt 3,50, und die Normwellenlänge λ_0 beträgt 1035 nm. Die Beziehung zwischen dem Einfallswinkel (α) und den Kennlinien ist in Tab. 8 niedergelegt.

Tabelle 8

(Fig. 13, sieben Filmschichten)

15

α	50°	45°	40°
T	T_P^1	T_P^2	T_P^3
T_P	T_S^1	T_S^2	T_S^3
T_S			

20

25

Wie oben beschrieben wurde, braucht erfindungsgemäß die Filmdicke jeder Filmschicht nicht stets etwa $\lambda_0/4$ zu betragen. Es versteht sich weiterhin, daß eine Änderung des Einfallswinkels (α) zu einer allgemeinen Wellenlängenverschiebung führt, wie sie in herkömmlichen optischen Dünnschichtsystemen angetroffen wird, wenn eine Änderung der relativen Schichtdicke erfolgt.

30

Bei den oben beschriebenen Ausführungsformen hat der Strahlaufspalter Prismaform. Es ist jedoch auch möglich, den Strahlaufspalter nach der Erfindung als Plattentyp auszubilden. Im folgenden werden verschiedene Strahlaufspalter vom Plattentyp beschrieben.

35

Fig. 15 zeigt die Kennlinien einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Strahlaufspalters, welcher

1

hier als Plattentyp ausgebildet ist. Der in Fig. 15 dargestellte Strahlaufspalter enthält ein plattenähnliches Substrat 10 und einen Mehrschicht-Interferenzfilm L, der durch Niederschlagung auf das plattenähnliche Substrat 10 aufgebracht ist.

Wenn die Kennlinien des Strahlaufspalters gemäß Fig. 15 so eingestellt werden, daß Reflexionsgrad und Transmissionsgrad jeweils für P- und für S-polarisierte Lichtkomponenten 50% betragen, wird das von der linken Seite gemäß Fig. 15 in den Strahlaufspalter eintretende Einfalllicht I in durchgelassenes Licht T und reflektiertes Licht R aufgespalten. Wenn das Einfalllicht I die P-polarisierte Lichtkomponente I_p und die S-polarisierte Lichtkomponente I_s jeweils zu einem Anteil von 50% enthält, beträgt bei einer Gesamtlichtmenge von 100 der Anteil des durchgelassenen Lichts T 50 ($T_p:T_s=25:25$), und der Anteil des reflektierten Lichts R beträgt ebenfalls 50 ($R_p:R_s=25:25$). Somit ist das Verhältnis der P- und S-polarisierten Lichtkomponenten zueinander in dem durchgelassenen Licht T und in dem reflektierten Licht R gleich dem Verhältnis der P- und S-polarisierten Lichtkomponenten in dem Einfalllicht I. Gleichgültig, welches Verhältnis I_p/I_s von polarisierten Lichtkomponenten in dem Einfalllicht I vorliegt, das Komponentenverhältnis ändert sich in dem durchgelassenen Licht und dem reflektierten Licht nicht. Dies ist lediglich ein Beispiel für die Kennlinien, die mit dem in Fig. 15 dargestellten Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Strahlaufspalters erzielbar sind.

Fig. 16 zeigt eine Ausführungsform des Strahlaufspalters, bei der der Mehrschicht-Interferenzfilm L gemäß Fig. 15 aus drei Filmschichten besteht. Der Strahlaufspalter nach Fig. 16 enthält ein Substrat S mit einem Brechungs-

1

index N_S , welches beispielsweise aus glasigem Material wie BK7 hergestellt ist, eine einen niedrigen Brechungsindex aufweisende erste Schicht L_1 mit einem Brechungsindex N_L ,
 5 eine einen hohen Brechungsindex aufweisende zweite Schicht L_2 mit einem Brechungsindex N_H und eine dritte Schicht L_3 , die wie die erste Schicht L_1 als eine Filmschicht mit niedrigem Brechungsindex ausgebildet ist. Das
 10 Umgebungsmedium ist Luft mit einem Brechungsindex N_0 von 1,0. Jede der Schichten L_1 bis L_3 besitzt eine optische Filmdicke von etwa $\lambda_0/4$, wobei λ_0 die Normwellenlänge ist.

15 Fig. 17 zeigt eine Ausführungsform des Strahlaufspalters vom Plattentyp mit "n" Filmschichten. Bei dieser Ausführungsform ist als die erste Filmschicht eine einen niedrigen Brechungsindex aufweisende Filmschicht mit einem Brechungsindex N_L und einer Filmdicke von $\lambda_0/4$ und
 20 als die zweite Schicht eine einen hohen Brechungsindex aufweisende Filmschicht mit einem Brechungsindex N_H und einer Filmdicke von $\lambda_0/4$ vorgesehen. Auf diese Weise werden "n" Filmschichten derart aufeinandergestapelt, daß die am weitesten oben liegende Filmschicht, d.h. die
 25 n-te Filmschicht eine einen niedrigen Brechungsindex aufweisende Schicht ist. Demzufolge ist die Gesamtzahl der Filmschichten ungerade.

30 Wenn der Strahlaufteiler gemäß Fig. 17 in dem optischen Fotoplatten-Wiedergabesystem, welches einen im nahen Infrarotbereich arbeitenden Lasergenerator aufweist, eingesetzt wird, so ist es im Hinblick auf die Lichtausbeute wünschenswert, daß der Strahlaufteiler eine Durchlässigkeit von 50% aufweist, und daß der Transmissionsgrad sowohl für P- als auch für S-polarisierte Lichtkomponenten gleich ist. Tab. 9 zeigt die Brechungsindexbedingungen für die Strahlaufteiler mit drei bis neun
 35

1

Filmschichten, um dem erwähnten Erfordernis zu genügen.
 In Tab. 9 beträgt der einfallseitige Brechungsindex
 5 N_0 1,0, der durchlaßseitige Brechungsindex N_S 1,52, der
 Einfallswinkel 45° , und es ist beabsichtigt, daß das ge-
 wünschte Verhalten bei einer Wellenlänge λ von 800 nm
 erzielt wird. Fig. 18 zeigt die Spektral-Transmissions-
 gradkennlinien der Strahlaufteiler gemäß Tab. 9 für die
 10 P- und S-polarisierten Lichtkomponenten.

Tabelle 9

(Fig. 18)

15

Anzahl von Schichten (L_n)	λ_0 (nm)	N_L	N_H
3	890	1.510	4.500
5	860	1.690	3.075
7	855	1.788	2.716
9	850	1.860	2.570

20

25 Wie Fig. 18 zeigt, ist es möglich, einen Strahlaufspal-
 ter mit einer gewünschten Anzahl von Filmschichten zu
 erhalten, der 50% Durchlässigkeit (sowohl für P- als
 auch für S-polarisierte Lichtkomponenten) aufweist, in-
 dem man die Brechungsindizes N_H und N_L der einen hohen
 30 bzw. einen niedrigen Brechungsindex aufweisenden Film-
 schichten nach Maßgabe der Anzahl der Filmschichten
 festlegt. In der Nähe des Bereichs jedoch, in dem der
 Transmissionsgrad für P- und S-polarisierte Lichtkompo-
 nenten etwa gleich ist, besteht die Tendenz, daß die
 35 Kurve des Transmissionsgrads T_S für die S-polarisierte
 Lichtkomponente mit ansteigender Anzahl von Filmschich-
 ten schärfer wird. Daher ist es vom Standpunkt der

5

10

25

30

1

Fig. 20 zeigt die spektralen Durchlässigkeitskennlinien
 einiger Strahlaufspalter mit fünf Filmschichten und
 5 gleichen Durchlässigkeitsgraden T_P und T_S für P- und S-
 polarisierte Lichtkomponenten in der Nähe einer Wellen-
 länge von 800 nm bei einem einfallseitigen Brechungsindex
 von 1,0 und einem durchlaßseitigen Brechungsindex
 von 4,0. Der Einfallswinkel beträgt in jedem Fall 45° ,
 10 die Brechungsindizes N_H und N_L der jeweiligen Filmschich-
 ten sind in Tab. 10 angegeben.

Tabelle 10

15

(Fig. 20, fünf Filmschichten)

20

T_P	T_{P1}	T_{P2}	T_{P3}	T_{P4}
T_S	T_{S1}	T_{S2}	T_{S3}	T_{S4}
N_H	1.625	1.779	1.890	2.000
N_L	1.992	2.608	3.365	4.952

25

30

35

Weiterhin ermöglicht es die Erfindung, einen Strahlauf-
 spalter vom Plattentyp zu schaffen, bei dem der Trans-
 missionsgrad T_P für die P-polarisierte Lichtkomponente
 niedriger ist als der Transmissionsgrad T_S für die S-
 polarisierte Lichtkomponente innerhalb eines vorgegebenen
 Wellenlängenbereichs, was von den Brechungsindex-Bedin-
 gungen abhängt, wie in Fig. 1 dargestellt ist. In Fig. 1
 gilt $T_P < T_S$. Weiterhin können das Verhältnis $T_P:T_S$ und
 das Verhältnis $(T_P+T_S):(R_P+R_S)$ nach Wunsch eingestellt
 werden. Fig. 21 zeigt die Durchlässigkeitsgrade T_P und
 T_S für die P- und die S-polarisierten Lichtkomponenten
 bei einem einfallseitigen Brechungsindex N_0 von 1,0,
 einem durchlaßseitigen Brechungsindex N_S von 1,52, einem
 Einfallswinkel von 45° , einer Normwellenlänge λ_0 von
 860 nm und einem auf einen Wert von 1,6 festgelegten

1

5

10

Brechungsindex N_L für die einen niedrigen Brechungsindex aufweisenden Filmschichten, während der Brechungsindex N_H der einen hohen Brechungsindex aufweisenden Filmschichten geändert wird. Die Anzahl von Filmschichten beträgt fünf (die optische Dicke jeder Filmschicht beträgt $\lambda_0/4$), und die Beziehung zwischen dem Brechungsindex N_H und den Transmissionsgraden T_P und T_S ist in Fig. 11 gezeigt.

Tabelle 11

(Fig. 21, fünf Filmschichten)

15

$T \backslash N_H$	2.00	2.50	3.00	4.00
T_P	T_P^1	T_P^2	T_P^3	T_P^4
T_S	T_S^1	T_S^2	T_S^3	T_S^4

20

25

Die Erfindung ermöglicht die einfache Erzielung der besonderen Kennlinien gemäß Fig. 21, welche mit herkömmlichen Strahlaufspaltern nicht erreicht werden könnten. Die Erfindung schafft also verschiedene optische Systeme mit neuen Funktionsweisen.

30

Auch in den Ausführungsformen gemäß den Fig. 16 bis 21 beträgt die optische Filmdicke jeder Filmschicht etwa $\lambda_0/4$. Es ist jedoch auch möglich, die gewünschten spektralen Kennlinien dadurch zu erhalten, daß man die Filmdicke ändert, da die optische Dicke zum Bestimmen der Phase jeder Filmschicht eine Funktion des Brechungsindex und der Filmdicke ist.

35

In sämtlichen oben beschriebenen Ausführungsformen besteht der Mehrschicht-Interferenzfilm L des Strahlaufspalters aus einer ungeraden Anzahl von Filmschichten.

1

Jedoch kann der Mehrschicht-Interferenzfilm L auch aus einer geraden Anzahl von Filmschichten bestehen. Im folgenden werden verschiedene Ausführungsformen des Strahl-
aufspalters vom Plattentyp entsprechend Fig. 15 beschrieben, wobei diese eine gerade Anzahl von Filmschichten besitzen. Fig. 22 bis 27 zeigen derartige Ausführungsformen.

10

Fig. 22 zeigt eine Ausführungsform des Strahlaufspalters, bei der der Mehrschicht-Interferenzfilm L gemäß Fig. 15 aus zwei Filmschichten besteht. Der Strahlaufspalter nach Fig. 22 enthält ein Substrat S mit einem Brechungsindex N_S , bestehend aus beispielsweise einem glasigen Material wie BK7, eine erste Schicht L_1 , die eine einen niedrigen Brechungsindex aufweisende Filmschicht mit einem Brechungsindex N_L ist, und eine zweite Schicht L_2 , die eine einen hohen Brechungsindex aufweisende Filmschicht mit einem Brechungsindex N_H ist. Das Umgebungsmedium ist Luft mit einem Brechungsindex N_0 von 1,0. Jede der Schichten L_1 bis L_3 besitzt eine optische Filmdicke von etwa $\lambda_0/4$, wobei λ_0 die Normwellenlänge ist.

20

Fig. 23 zeigt eine Ausführungsform des Strahlaufspalters vom Plattentyp mit "n" Filmschichten. Bei dieser Ausführungsform ist als die erste Filmschicht eine einen hohen Brechungsindex aufweisende Filmschicht mit einem Brechungsindex N_H und einer Filmdicke von $\lambda_0/4$ vorgesehen, und als die zweite Schicht ist eine einen niedrigen Brechungsindex aufweisende Filmschicht mit einem Brechungsindex N_L und einer Filmdicke von $\lambda_0/4$ vorgesehen. Auf diese Weise werden "n" Filmschichten derart aufeinander-gestapelt, daß die am weitesten oben liegende Filmschicht, d.h. die n-te Filmschicht eine Filmschicht mit niedrigem Brechungsindex ist. Folglich ist die Gesamtzahl von Filmschichten gerade.

30

35

1

5

10

15

20

25

30

35

Wenn der erfindungsgemäße Strahlaufspalter gemäß Fig. 23 in dem einen im nahen Infrarotbereich arbeitenden Laser aufweisenden Fotoplatten-Wiedergabesystem verwendet wird, ist es angesichts der Lichtausbeute wünschenswert, daß der Strahlaufsteiler 50% Durchlässigkeit aufweist, und daß der Durchlässigkeitsgrad sowohl für P- als auch für S-polarisierte Lichtkomponenten gleich ist. Tab. 12 zeigt die Brechungsindexbedingungen der Strahlaufspalter mit zwei bis zehn Filmschichten, um dem genannten Erfordernis zu genügen. In Tab. 12 beträgt der einfallseitige Brechungsindex N_0 1,0, der durchlaßseitige Brechungsindex N_S beträgt 1,52, der Einfallswinkel beträgt 45° , und es ist beabsichtigt, daß die gewünschten Kennlinienverläufe bei einer Wellenlänge λ von 800 nm erhalten werden. Fig. 24 zeigt die spektralen Durchlaßkennlinien der Strahlaufspalter gemäß Fig. 12 für die P- und S-polarisierten Lichtkomponenten.

Tabelle 12

(Fig. 24)

Anzahl von Schichten(n)	λ_0 (nm)	N_L	N_H
2	890	1.495	4.480
4	850	1.800	3.100
6	845	1.968	2.830
8	843	2.047	2.690
10	842	2.094	2.604

Wie Fig. 24 zeigt, ist es möglich, einen Strahlaufspalter mit einer gewünschten Anzahl von Filmschichten zu erhalten, der eine 50%ige Durchlässigkeit (sowohl für P- als auch für S-polarisierte Lichtkomponenten) aufweist, indem man die Brechungsindizes N_H und N_L der

1

einen hohen bzw. einen niedrigen Brechungsindex aufweisenden Schichten nach Maßgabe der Filmschichten festlegt.

5

In der Nähe des Bereichs, in dem der Transmissionsgrad für die P- und die S-polarisierten Lichtkomponenten etwa gleich ist, besteht jedoch die Tendenz, daß die Kurve des Durchlässigkeitsgrads T_S für die S-polarisierte Lichtkomponente bei ansteigender Anzahl von Filmschich-

10

ten schärfer wird. Daher ist es angesichts der herstellungsbedingten Schwankungen und der Abhängigkeit vom Einfallswinkel vorteilhaft, daß die Anzahl von Filmschichten kleiner ist.

15

Fig. 25 zeigt die Bedingungen für den hohen Brechungsindex N_H und den niedrigen Brechungsindex N_L , die erfüllt werden müssen, damit sowohl für die P- als auch die S-polarisierten Lichtkomponenten der Transmissionsgrad in der Nähe eines Wellenlängenbereichs (λ) von

20

800 ± 20 nm bezüglich der Anzahl von Filmschichten (L_n) gleich ist. Die übrigen Bedingungen, d.h. der durchlaßseitige Brechungsindex N_S , der Einfallswinkel und dgl. sind die gleichen wie bei den obigen Fällen. In Fig. 25 kennzeichnen die gestrichelten Linien die Linien gleicher Transmissionsgrade T ($T_P = T_S$) für die P- und S-polarisierten Lichtkomponenten.

25

30

Wie Fig. 25 zeigt, ist es möglich, die Transmissionsgrade T_P und T_S für die P- und die S-polarisierten Lichtkomponenten bei einer geraden Anzahl von Filmschichten dadurch einander anzugleichen, daß man die Bedingungen für die Brechungsindizes N_H und N_L einstellt, und es ist auch möglich, die Transmissionsgrade auf irgendwelche Werte einzustellen.

35

Bei den oben anhand der Fig. 24 und 25 beschriebenen Ausführungsformen beträgt der einfallseitige Brechungs-

index 1,0 und der durchlaßseitige Brechungsindex 1,52. Die Erfindung ist jedoch nicht auf diese Bedingungen be-
 5 schränkt. Wenn beispielsweise in dem Fotoplatten-Wieder-
 gabesystem ein im nahen Infrarotbereich arbeitender
 Laser verwendet wird, kann das Substrat aus Silicium,
 Germanium o. dgl. bestehen. Fig. 26 zeigt die spektralen
 10 Durchlässigkeitskennlinien einiger Strahlaufspalter mit
 vier Filmschichten und gleichen Transmissionsgraden T_P
 und T_S für die P- und die S-polarisierten Lichtkomponen-
 ten in der Nähe einer Wellenlänge von 800 nm, wobei der
 einfallseitige Brechungsindex 1,0 und der durchlaßseitige
 15 Brechungsindex 4,0 beträgt. Der Einfallswinkel beträgt
 in jedem Fall 45° , und die Brechungsindizes N_H und N_L
 der jeweiligen Filmschichten sind in der Tab. 13 ange-
 geben.

Tabelle 13

(Fig. 26, vier Filmschichten)

T_P	T_{P1}	T_{P2}	T_{P3}	T_{P4}	T_{P5}
T_S	T_{S1}	T_{S2}	T_{S3}	T_{S4}	T_{S5}
N_H	2.510	3.049	3.620	4.382	6.155
N_L	1.512	1.587	1.647	1.690	1.750

Die Erfindung macht es außerdem möglich, einen Strahl-
 aufteiler vom Plattentyp zu schaffen, bei dem der
 30 Transmissionsgrad T_P für die P-polarisierte Lichtkompo-
 nente niedriger ist als der Transmissionsgrad T_S für
 die S-polarisierte Lichtkomponente innerhalb eines vor-
 gegebenen Wellenlängenbereichs, und zwar nach Maßgabe
 der Brechungsindexbedingungen, wie es in Fig. 27 ge-
 35 zeigt ist. In Fig. 27 gilt $T_{P1}=T_{S1}$. Außerdem können die
 Verhältnisse $T_P:T_S$ und $(T_P+T_S):(R_P+R_S)$ nach Wunsch ein-
 gestellt werden. Fig. 27 zeigt die Transmissionsgrade

1

T_P und T_S für die P- und S-polarisierten Lichtkomponenten, die man dann erhält, wenn der einfallseitige Brechungsindex N_0 1,0, der durchlaßseitige Brechungsindex N_S 1,52, der Einfallswinkel 45° , die Normwellenlänge λ_0 845 nm, der Brechungsindex N_L 1,80 betragen und der Brechungsindex N_H der einen hohen Brechungsindex aufweisenden Filmschichten geändert wird. Die Anzahl von Filmschichten beträgt sechs (die optische Filmdicke in jeder Filmschicht beträgt $\lambda_0/4$), und die Beziehung zwischen dem Brechungsindex N_H und den Transmissionsgraden T_P und T_S ist in Tab. 14 gezeigt.

15

Tabelle 14

(Fig. 27, sechs Filmschichten)

20

$T \backslash N_H$	2.20	2.50	3.00
T_P	T_{P1}	T_{P2}	T_{P3}
T_S	T_{S1}	T_{S2}	T_{S3}

25

Durch die Erfindung werden die besonderen Kennlinien nach Fig. 27 auf einfache Weise erreicht. Bei den herkömmlichen Strahlaufspaltern könnten diese Kennlinien nicht erzielt werden. Die Erfindung schafft also verschiedene optische Systeme mit neuen Funktionsweisen.

30

Auch bei den Ausführungsformen gemäß den Fig. 22 bis 27 beträgt die optische Filmdicke in jeder Filmschicht etwa $\lambda_0/4$. Es ist jedoch auch möglich, die gewünschten spektralen Kennlinien dadurch zu erhalten, daß man die Filmdicke ändert, da die optische Dicke zum Bestimmen

35

1

der Phase jeder Filmschicht eine Funktion des Brechungsindex und der Filmdicke ist.

5

10

15

20

25

Bei den oben beschriebenen Ausführungsformen können für die jeweiligen Filmschichten verschiedene Niederschlagungsmaterialien eingesetzt werden. Beispielsweise eignet sich Si als Material mit hohem Brechungsindex, und TiO_2 , ZnO_2 , SnO_2 , ZnS , Ce_2O_3 , Al_2O_3 , CeF_3 ; Nd_2O_3 und In_2O_3 eignen sich als Materialien mit niedrigem Brechungsindex. Besonders Si hat Vorteile, da der Brechungsindex in dem Bereich von drei bis fünf variiert werden kann, indem man die Niederschlagungsbedingungen (Substrattemperatur, Niederschlagungsrate u. dgl.) ändert. Normalerweise liegt die Substrattemperatur beim Niederschlagungsprozeß in dem Bereich zwischen 300 und 400°C. Um einen gewünschten Brechungsindex zu erhalten, kann zur Bildung jeder Filmschicht eine äquivalente Schicht verwendet werden, die aus einer Anzahl von Unterschichten mit niedrigerem Brechungsindex besteht. Die äquivalente Schicht ist insofern vorteilhaft, als ein Brechungsindex innerhalb eines gewünschten Bereichs auf äquivalente Weise erzielt werden kann (theoretisch kann jeder Brechungsindex erhalten werden).

30

35

-55-

FIG. 1

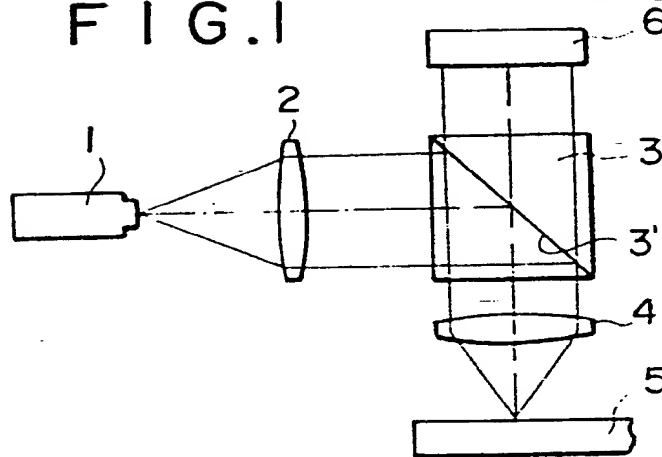


FIG. 2

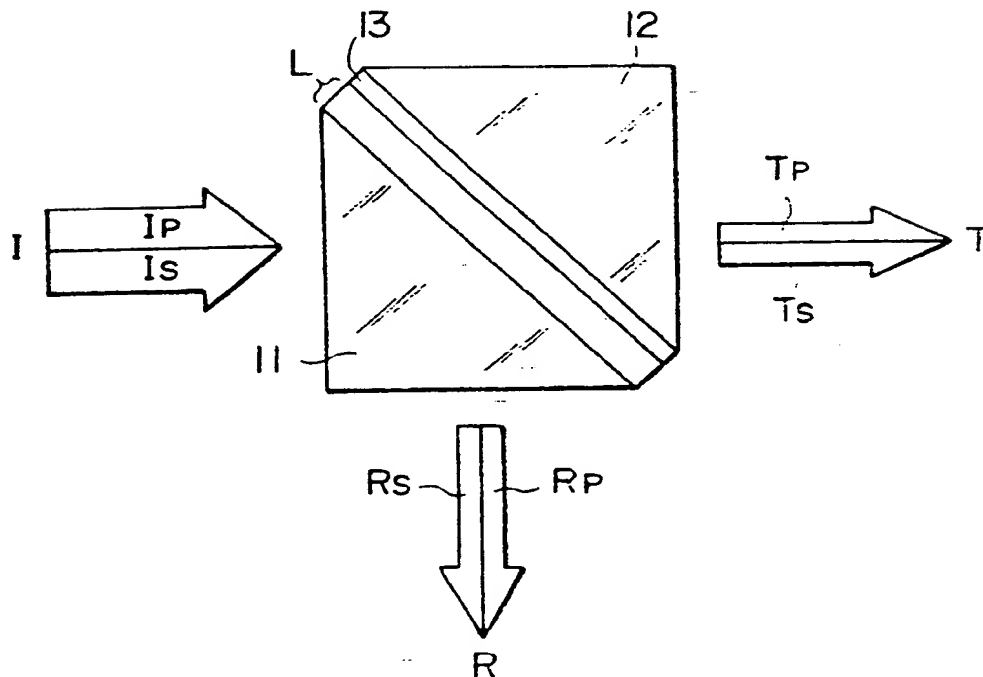


FIG. 3

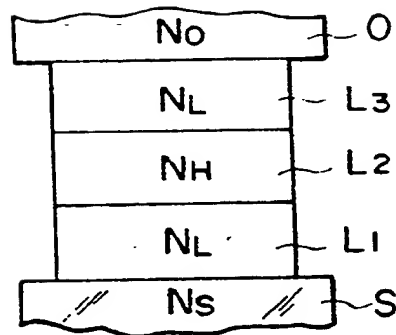


FIG. 4

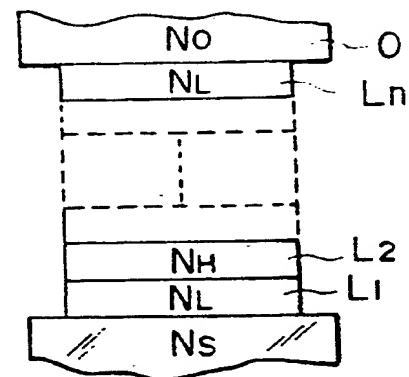


FIG. 5

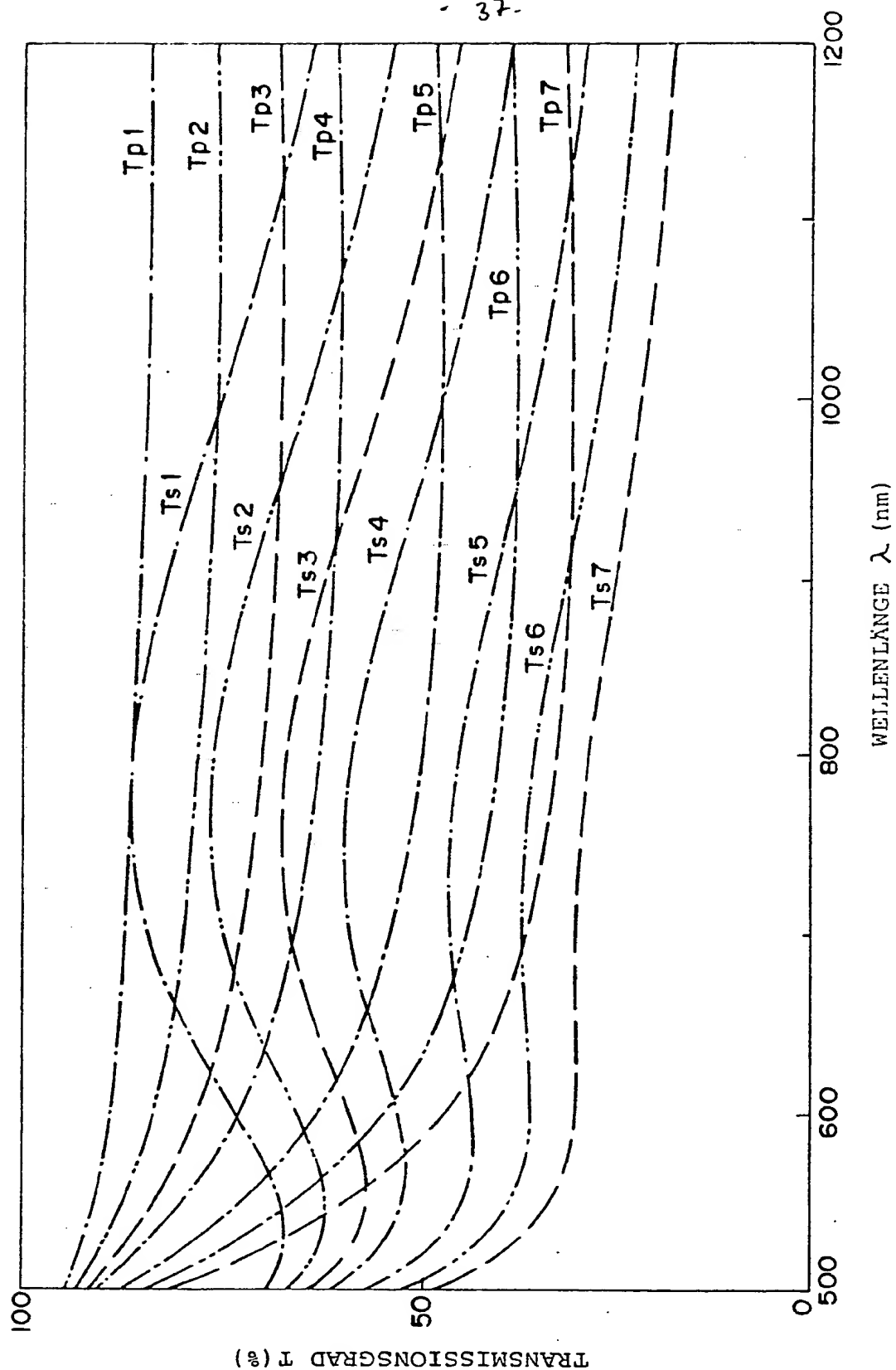
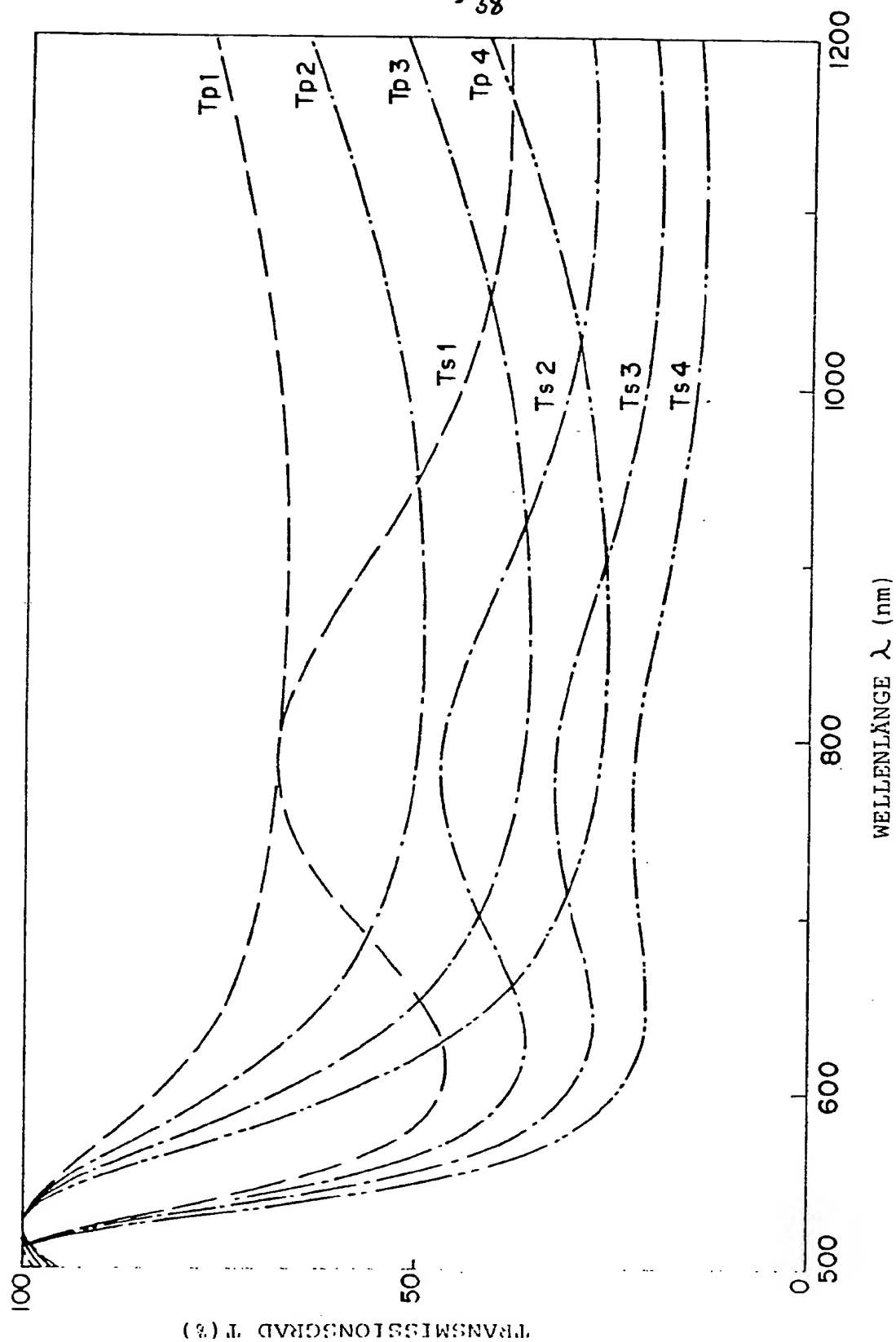


FIG. 6



- 38 -

3324059

04-07-83

3324059

39.

FIG. 7

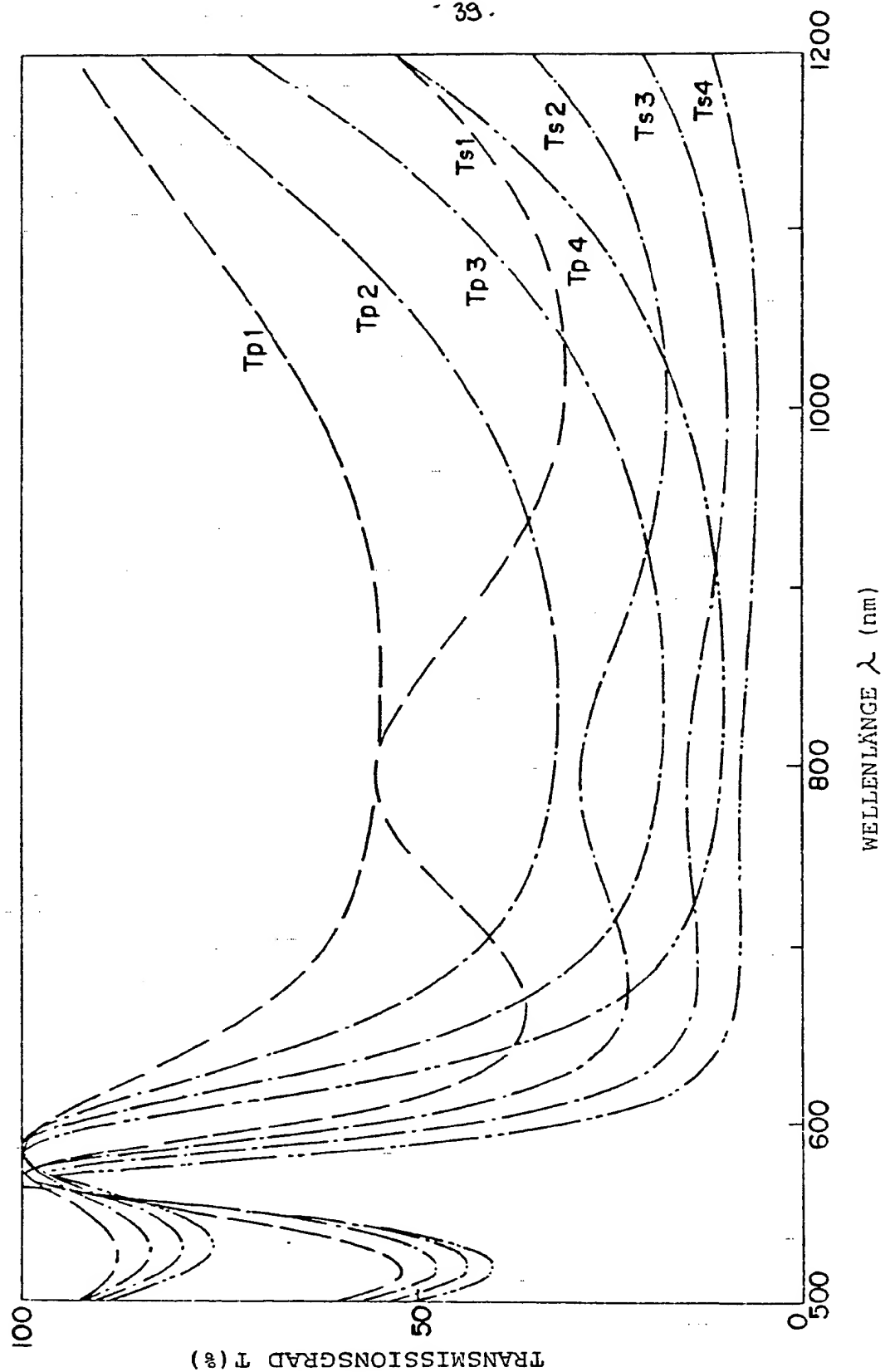
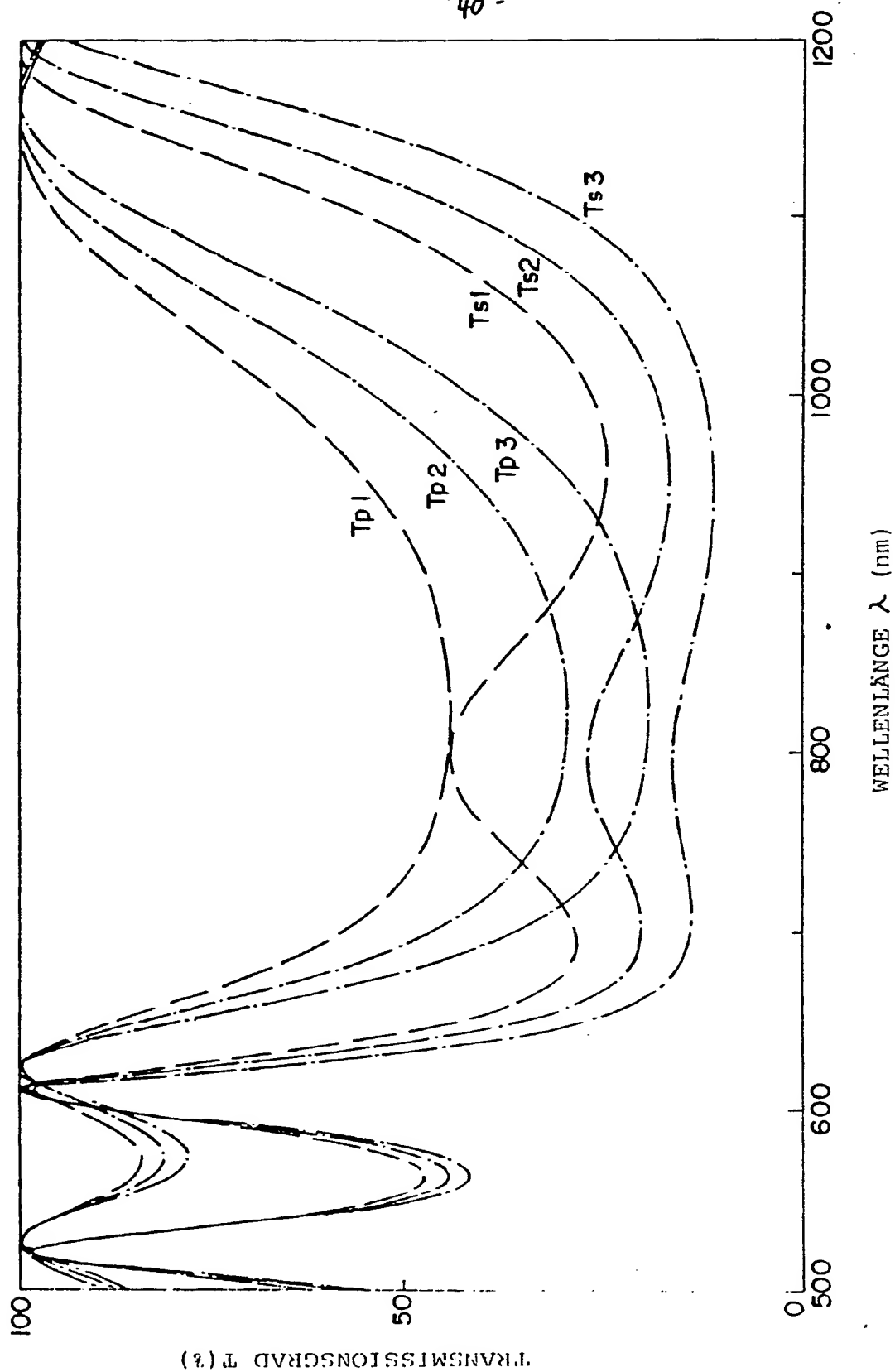


FIG. 8



-40-

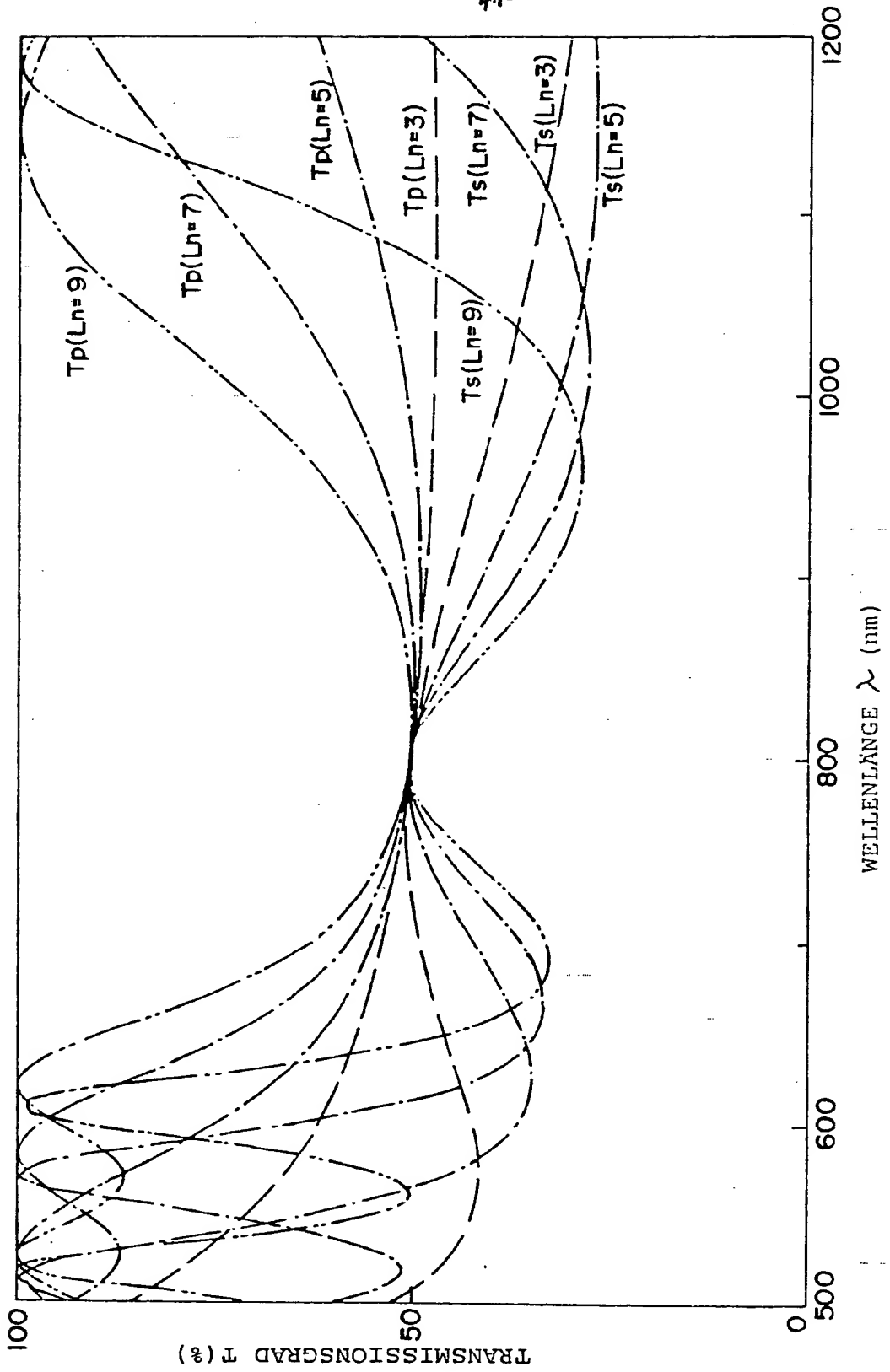
3324059

0403 81

3324059

44-

FIG. 9



3324059

- 42 -

FIG. 10

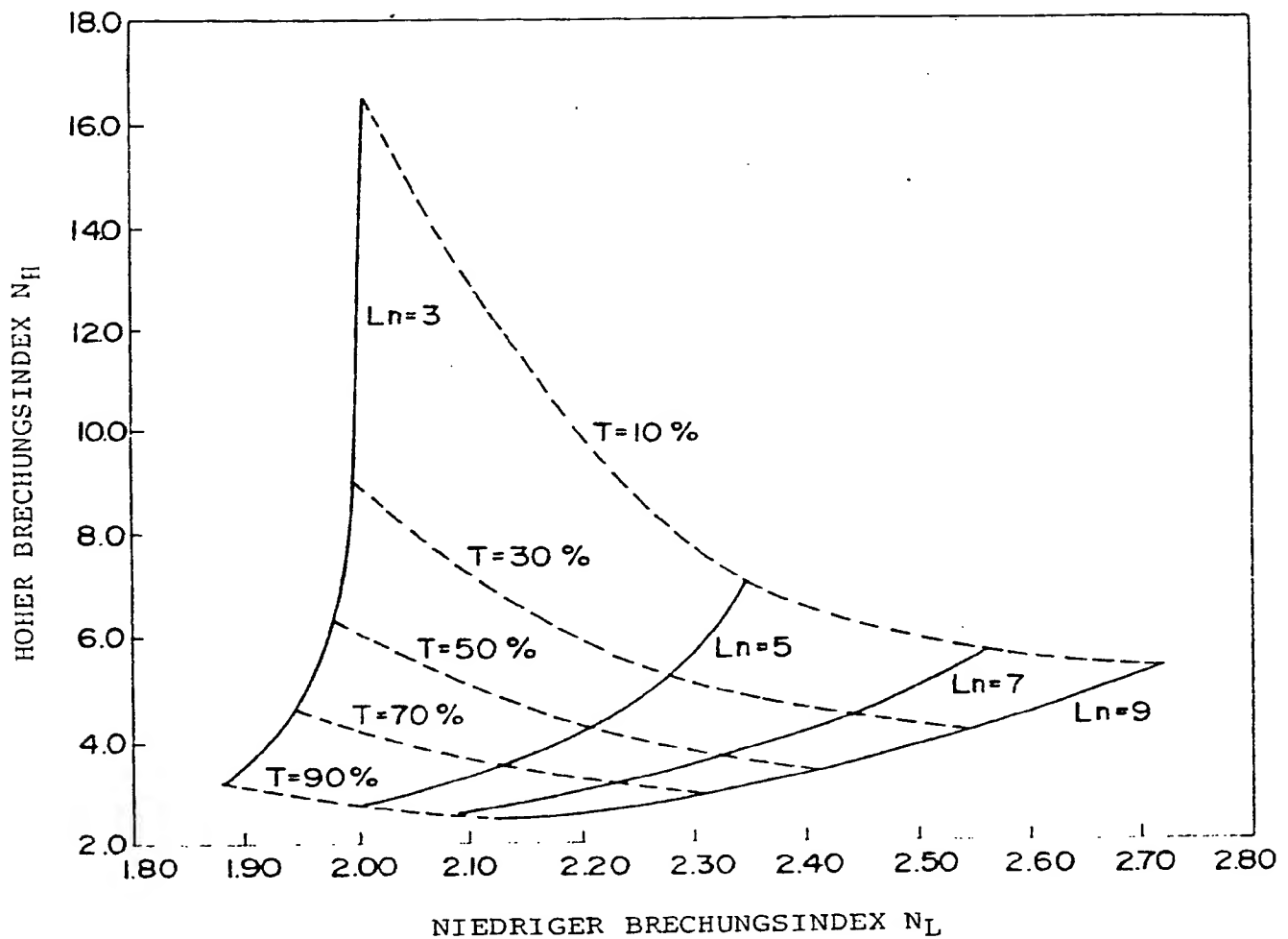


FIG. II

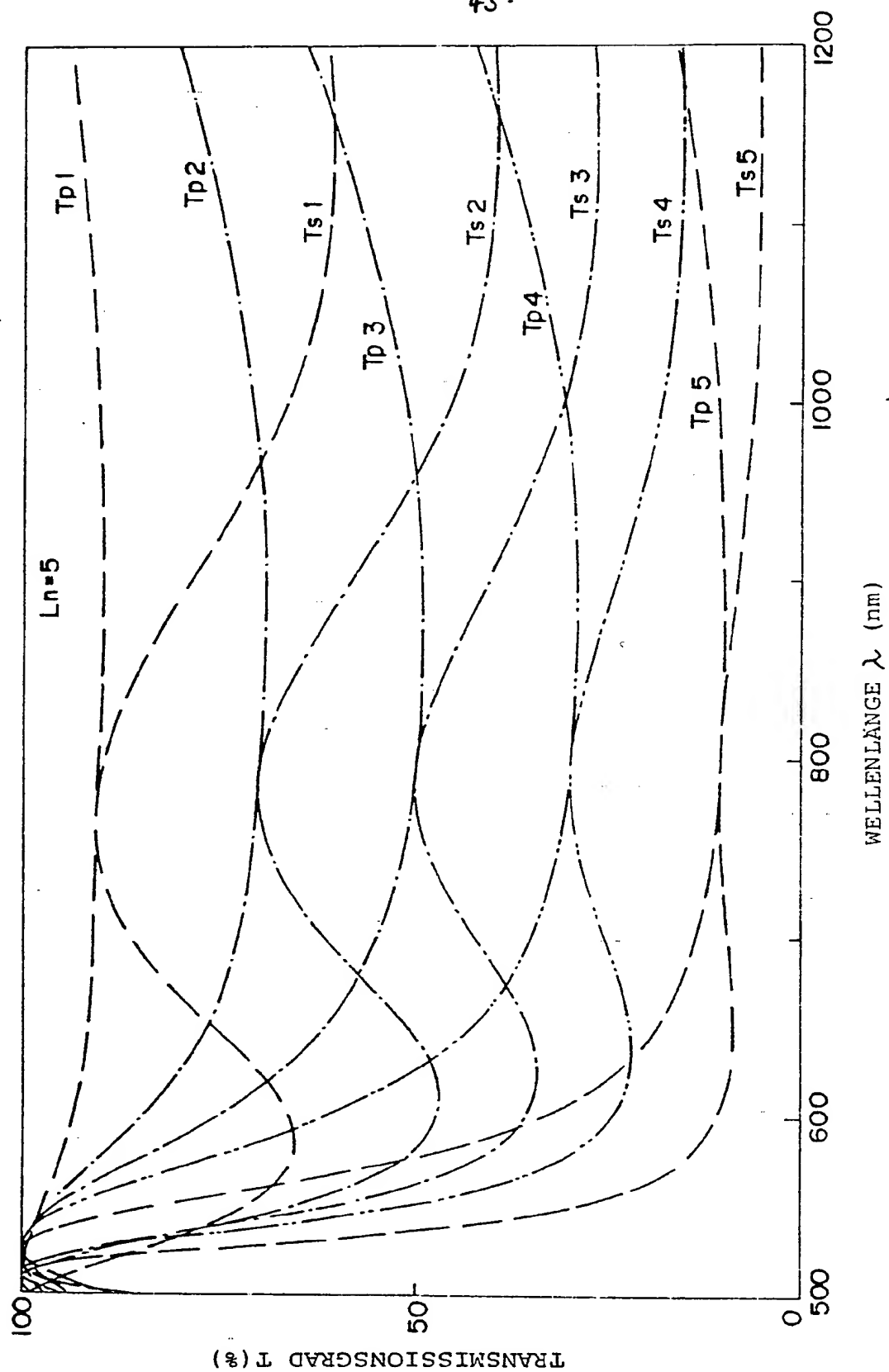
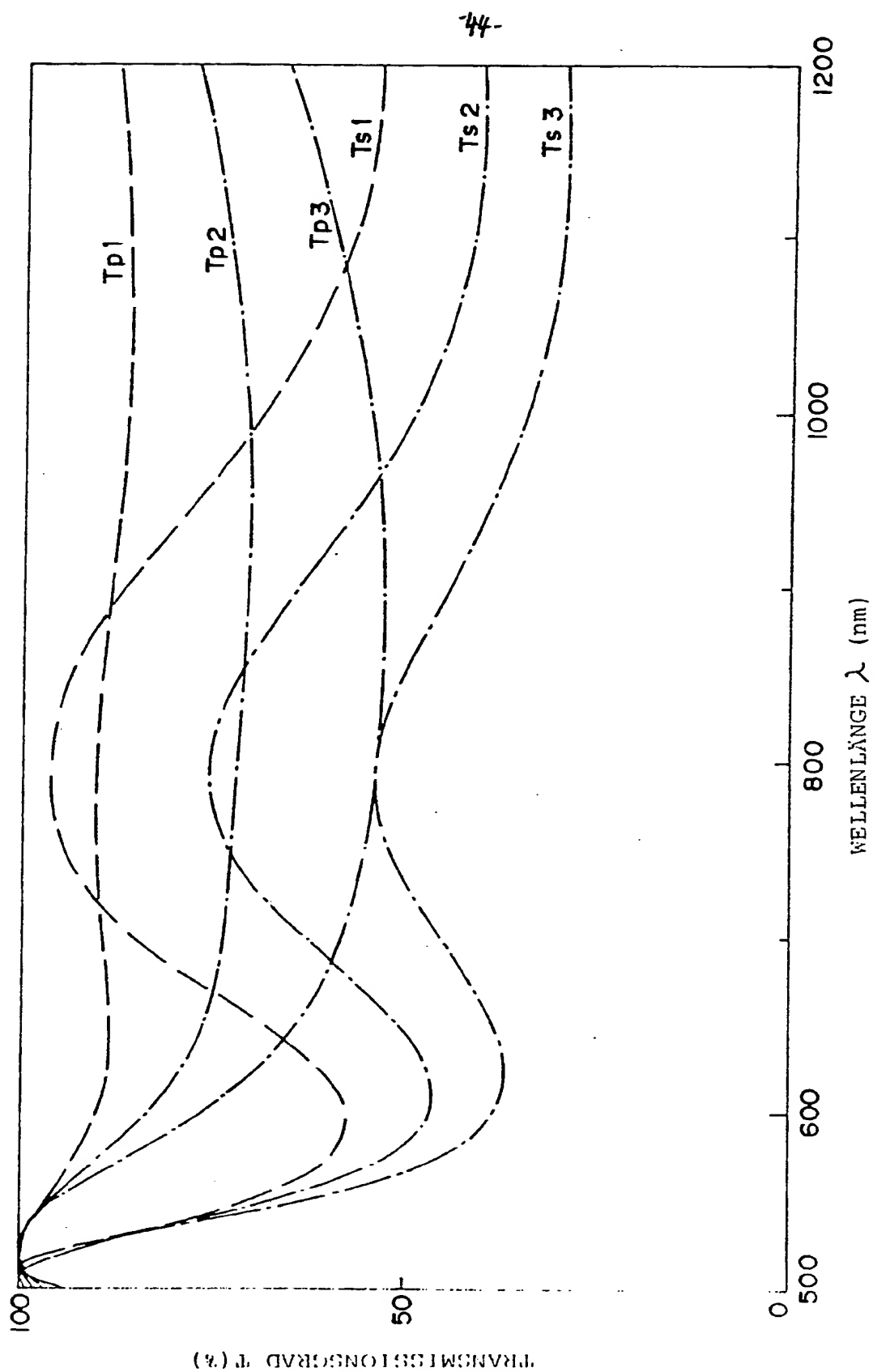


FIG. 12



3324059

44

04.11.01

3324059

45

FIG.13

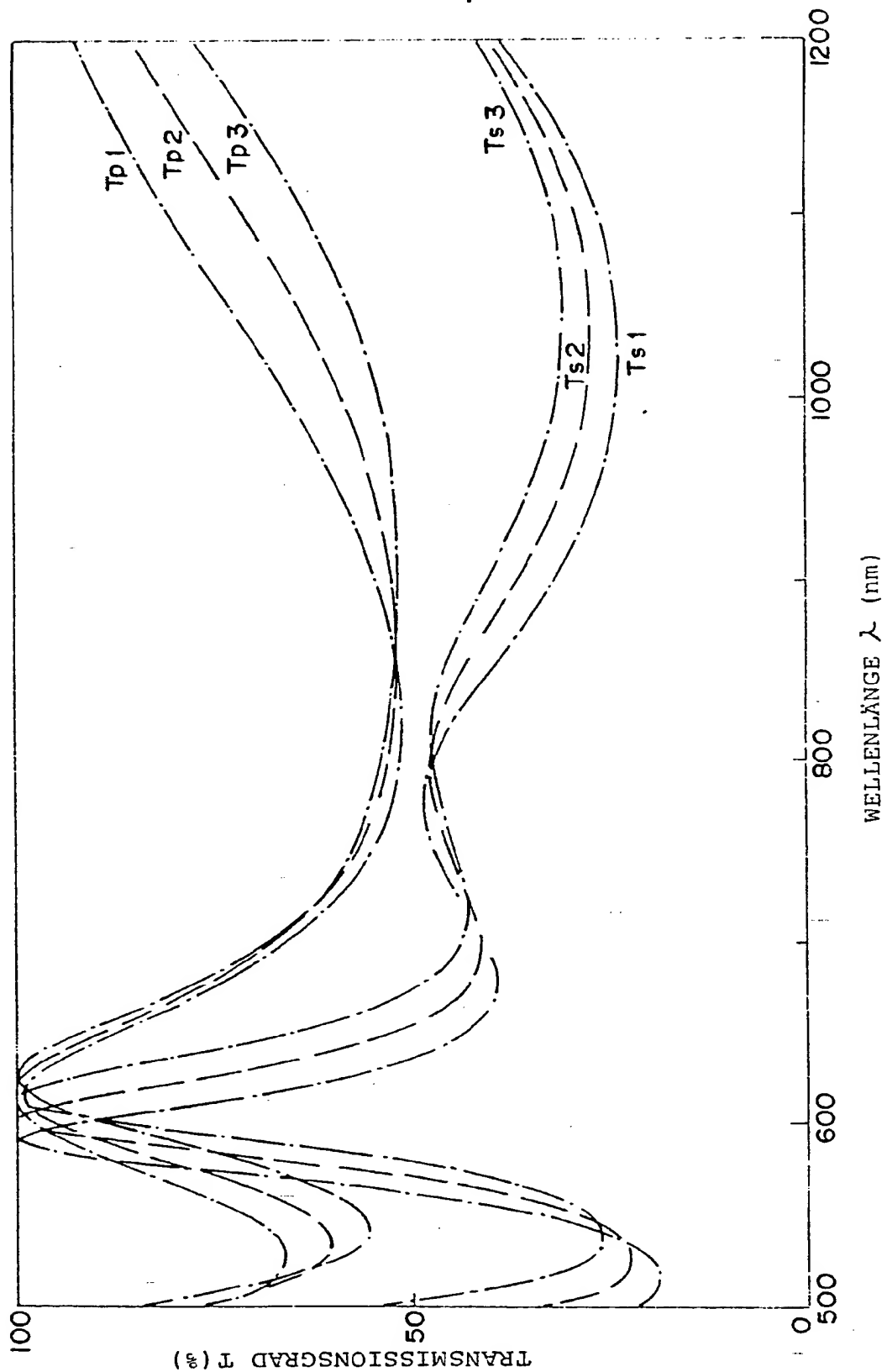


FIG. 14

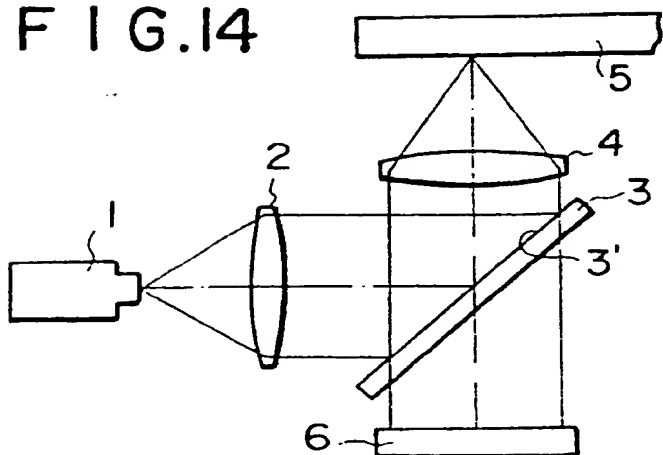


FIG. 15

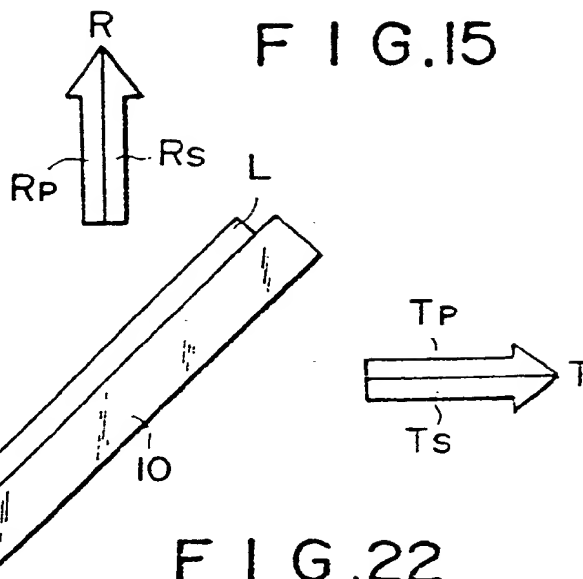


FIG. 16

LUFT (No=1)

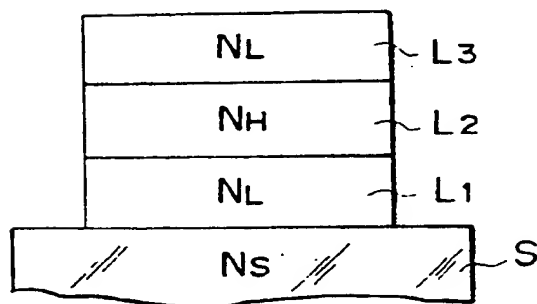


FIG. 22

LUFT (No=1)

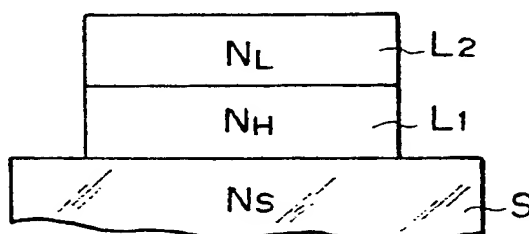


FIG. 17

LUFT' (No=1)

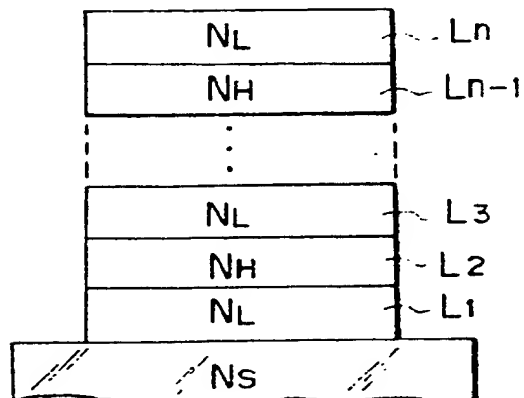


FIG. 23

LUFT (No=1)

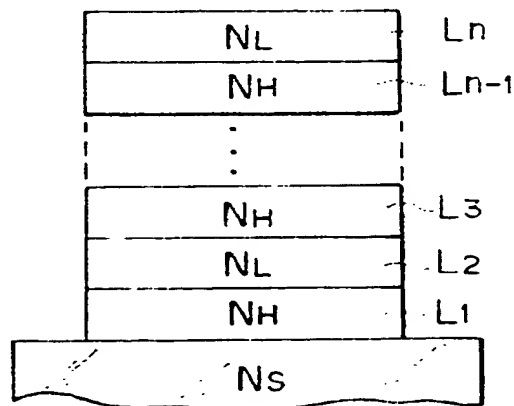


FIG. 18

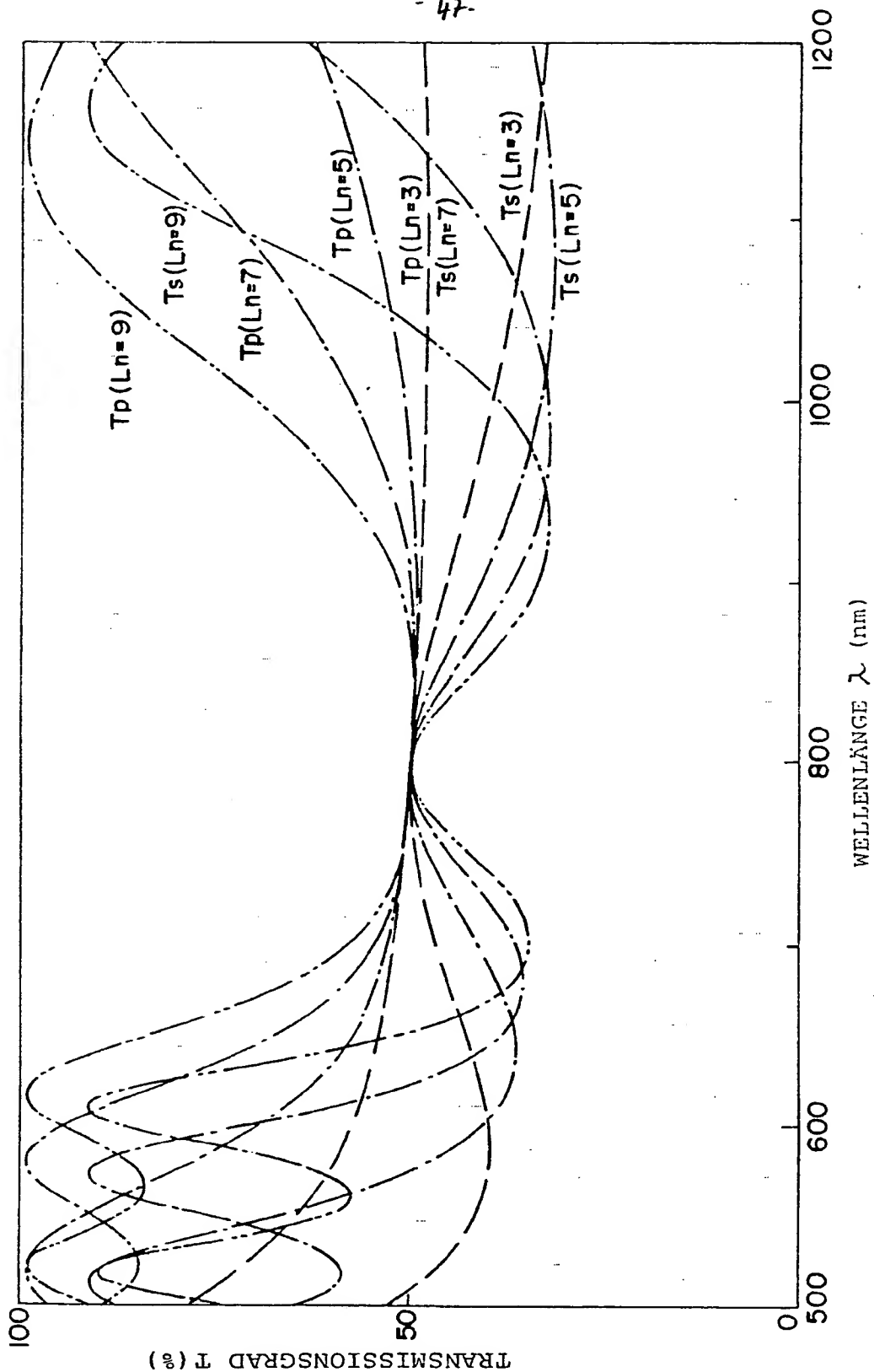


FIG. 19

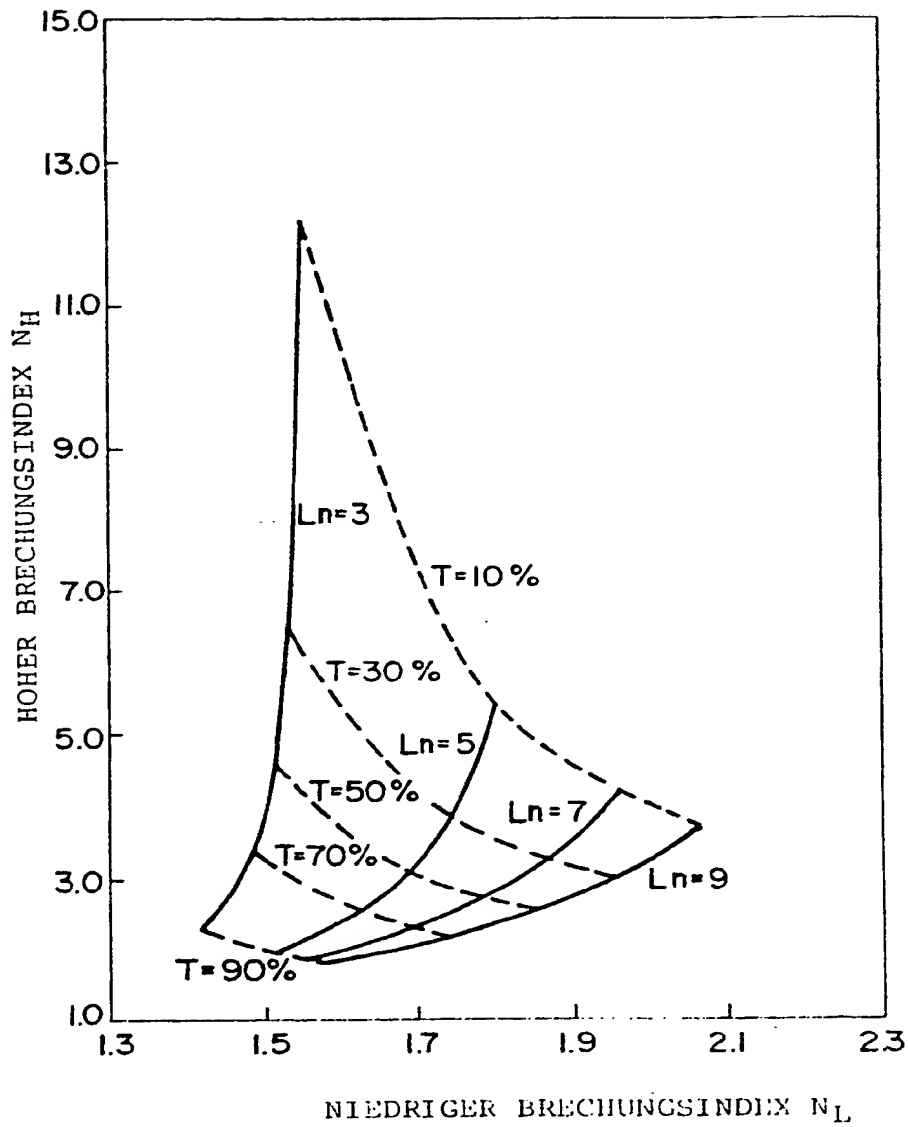


FIG. 20

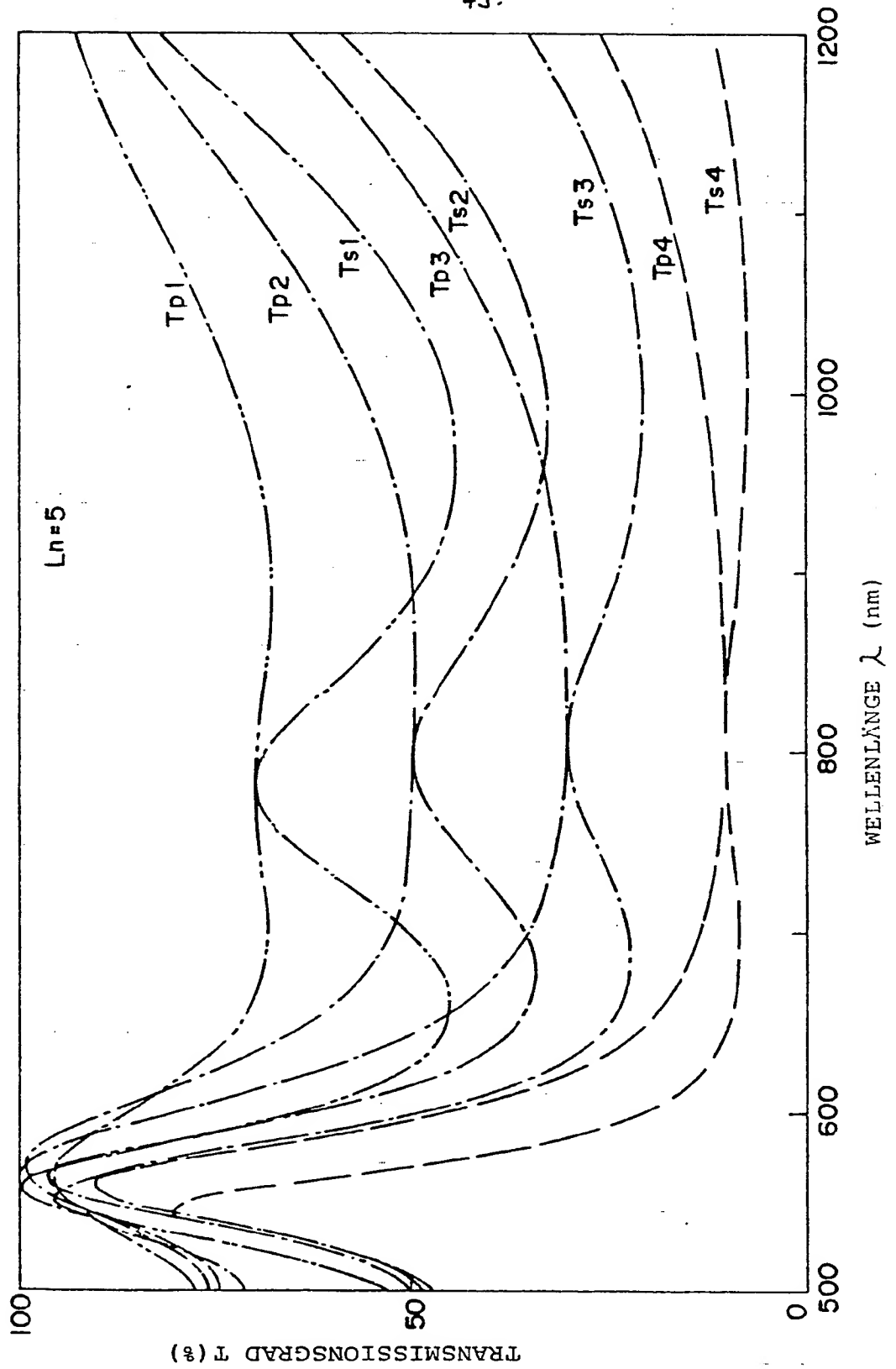
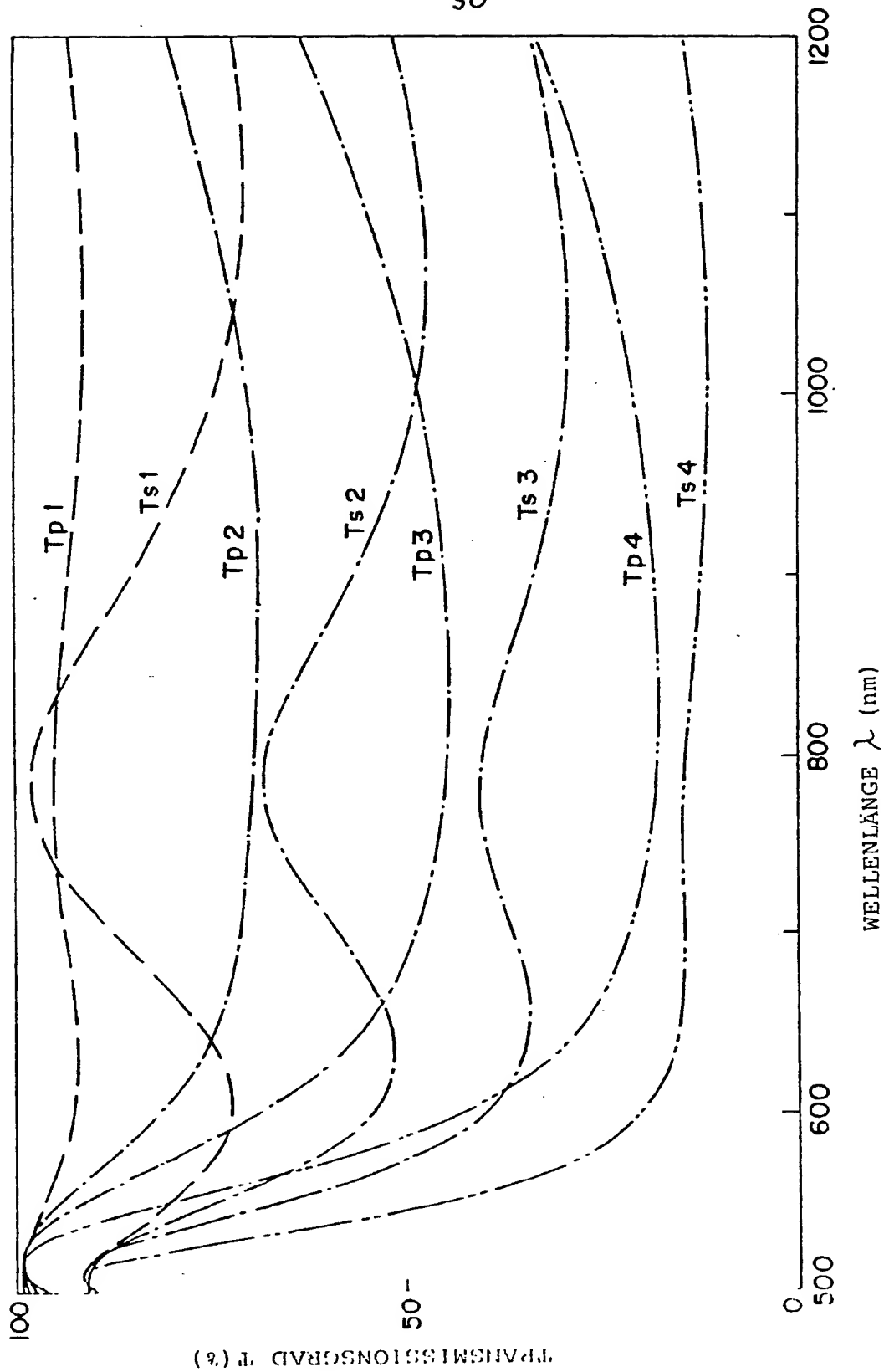


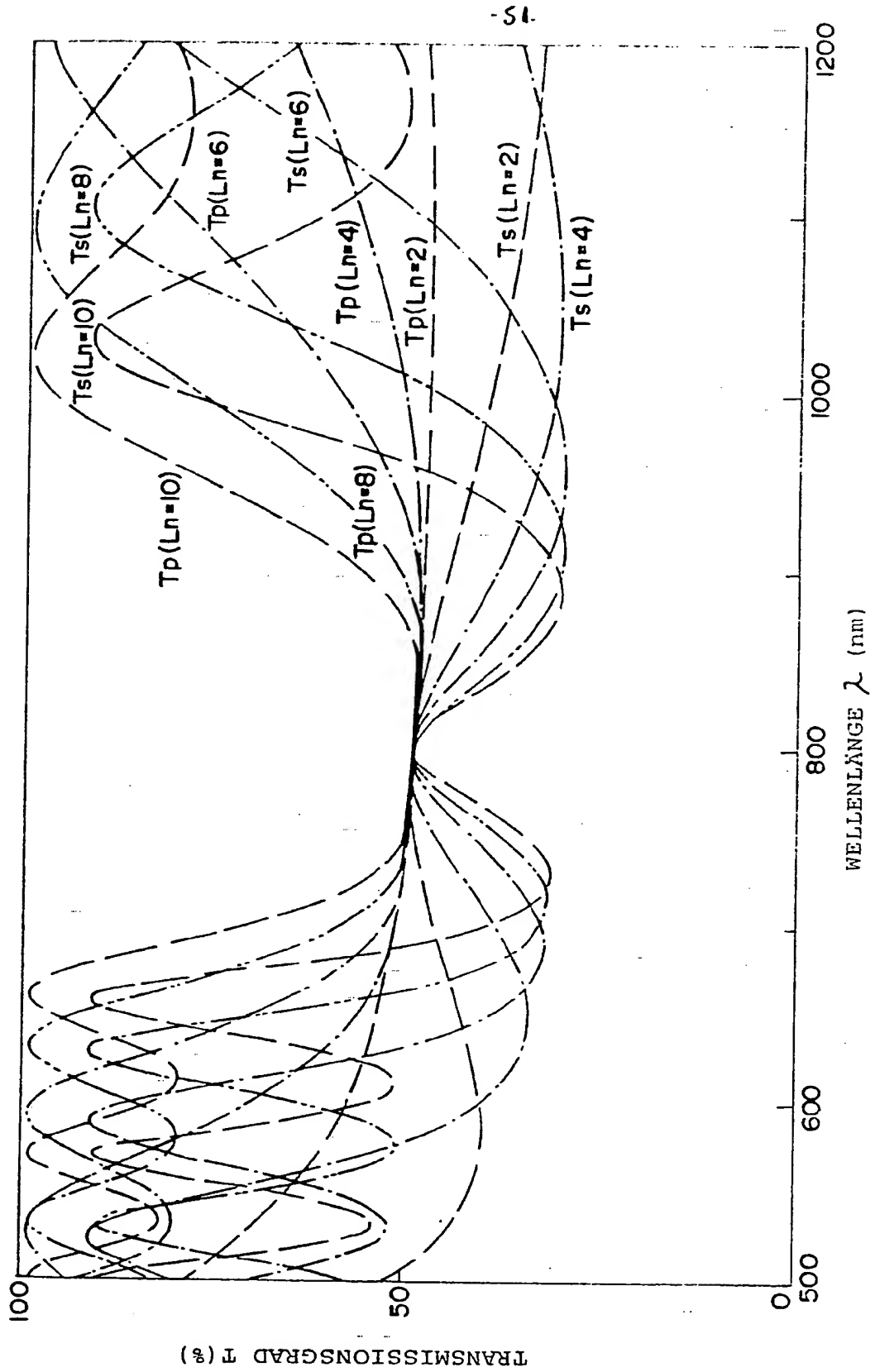
FIG. 21



04 07 83

3324059

FIG. 24



3324059

- 52 -

FIG. 25

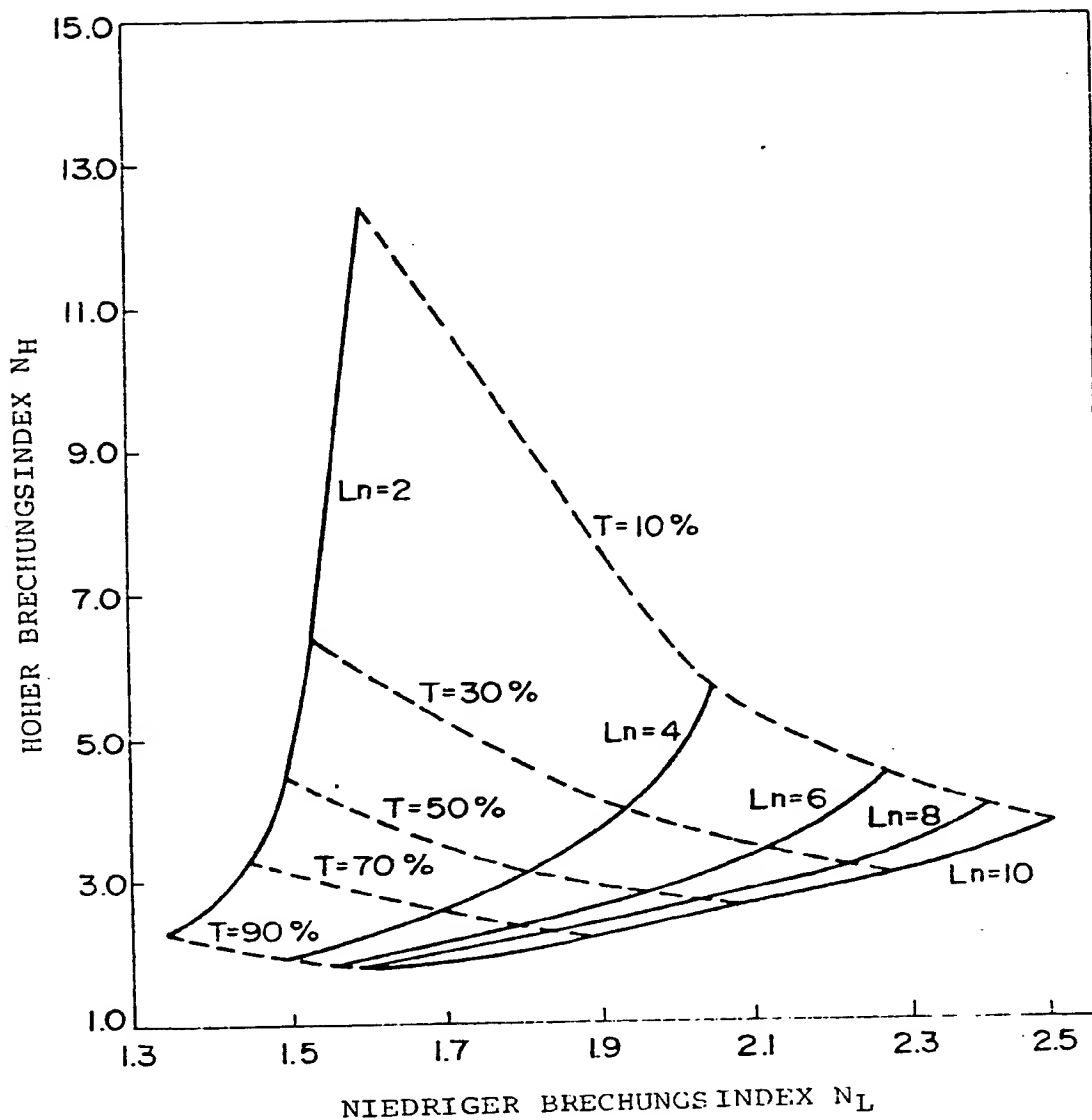


FIG. 26

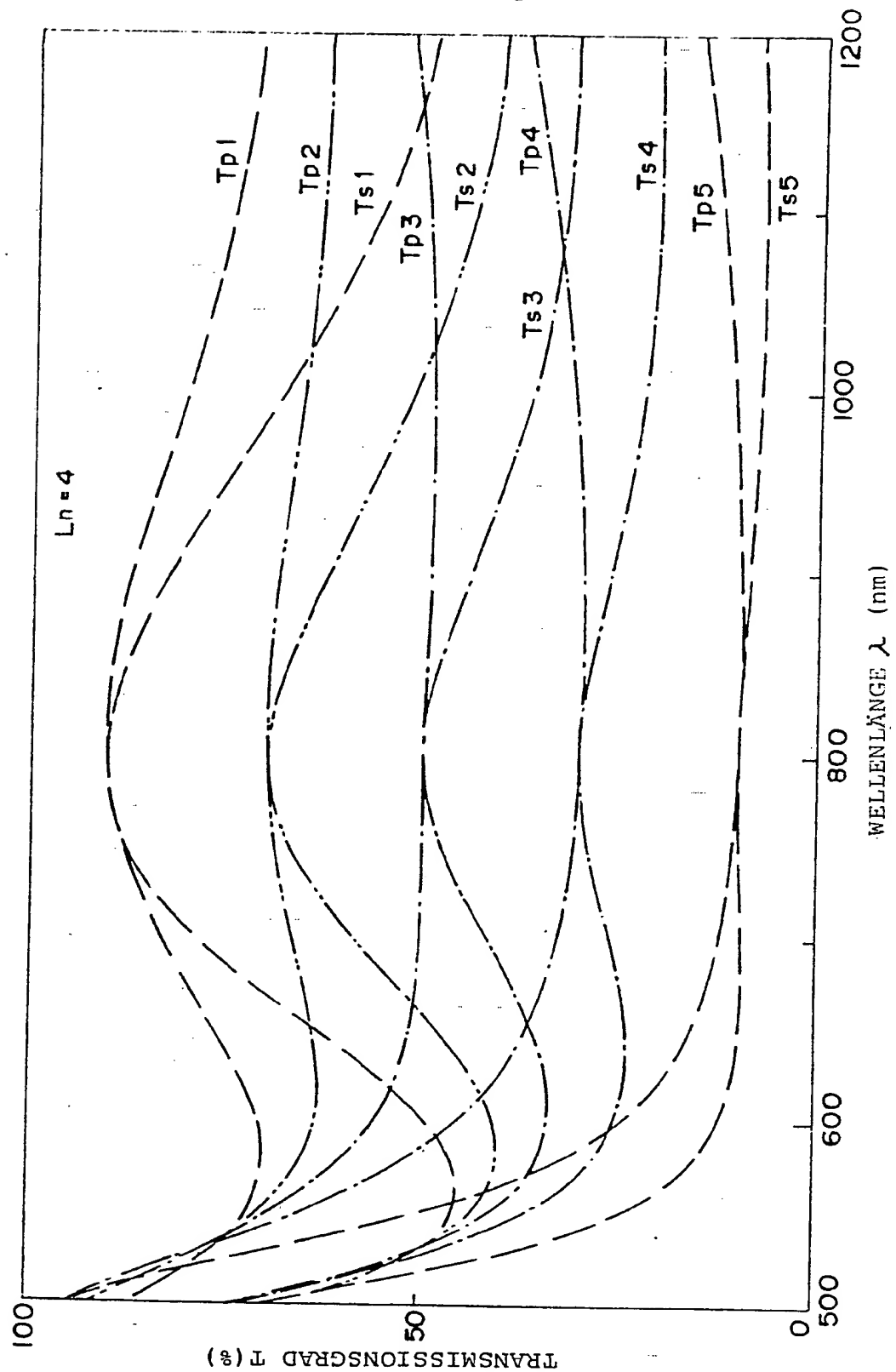


FIG. 27

